

ARTUR HENRIQUE MOELLMANN

APLICAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES NO  
GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica na área de Transmissão e Conversão de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins

Guaratinguetá  
2008

Moellmann, Artur Henrique  
M693a      Aplicação da teoria das restrições no gerenciamento da cadeia de  
              suprimentos. / Artur Henrique Moellmann.- Guaratinguetá : [s.n.],  
              2008  
              163f.: il.

Bibliografia: f. 143-149  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2008  
Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins

1. Teoria das restrições    I. Título

CDU 658.5

**UNESP  UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá**

**"APLICAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES NO GERENCIAMENTO  
DA CADEIA DE SUPRIMENTOS"**

**ARTUR HENRIQUE MOELLMANN**

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
**“MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA”**

PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA  
ÁREA: TRANSMISSÃO E CONVERSÃO DE ENERGIA

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

Prof. Dr. Marcelo dos Santos Pereira  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Dr. FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS  
Orientador/UNESP-FEG

Prof. Dr. FERNANDO BERNARDI DE SOUZA  
UNESP-FEB

Prof. Dr. RENATO DA SILVA LIMA  
UNIFEI

Junho de 2008

## **DADOS CURRICULARES**

### **ARTUR HENRIQUE MOELLMANN**

NASCIMENTO	07.05.1969 – SÃO PAULO / SP
FILIAÇÃO	Henrique José Flores Moellmann Augusta Tereza Tavernari Flores Moellmann
1988/1992	Curso de Graduação Engenharia Mecânica - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista.
1998/2001	Curso de Especialização em Gestão Empresarial na Fundação Getúlio Vargas.
2005/2008	Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, nível de Mestrado, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista.

Dedico este trabalho à minha mãe Augusta, a quem tenho como grande ensinamento de superação frente aos sucessivos e iminentes perecimentos da própria vida, mesmo quando ingenuamente desenganada.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao meu orientador, *Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins*, pelo conhecimento transmitido e pela forma didática com que tratou as minhas dúvidas. Com sua erudição, tolerância e determinação, o *Dr. Fernando* foi mais que um mentor, foi um porto seguro para as minhas inúmeras preocupações, ensinando-me a contornar as dificuldades quando as barreiras pareciam intransponíveis. A sua visão, experiência e sabedoria contribuíram, fortemente, para o meu amadurecimento acadêmico, profissional e pessoal, necessários para a elaboração deste trabalho.

Agradeço, também, aos meus amigos, *Antônio Vasco Nunes Brasil*, diretor-presidente da PH-Brasil consultoria, e *Azhaury Carneiro da Cunha Filho*, diretor-presidente da Mectron Eng. Ind. e Com., que me instigaram ao desafio de estudar e experimentar a transformação dos processos empresariais comumente utilizados pelas nossas empresas, adaptando-os à visão holística da Teoria das Restrições.

Não posso deixar de agradecer ao *Prof. Dr. João Murta Alves*, do ITA/CTA, pela suas iniciativas em disseminar os trabalhos acadêmicos de seus alunos nas empresas, evidenciando que a chave do crescimento não está nas novidades. Está, sim, nas inovações sobre o conhecimento existente.

Do mesmo modo, um agradecimento especial ao *Glauco Rebello*, *ex-chairman* da Garret® do Brasil. Sempre disposto a contribuir com a sua experiência, o *Dr. Glauco* foi um dos pioneiros em trazer a Teoria das Restrições para o nosso país, tendo me motivado com o seu empreendedorismo e espírito inovador.

Igualmente, não tenho como mensurar a gratidão pelo meu amigo, o *Brigadeiro-do-Ar Walker Gomes*, ex-Vice-Diretor do CTA e ex-Subdiretor de Planejamento da DIRMAB. O *Brigadeiro Walker* é um grande empreendedor e estudioso, em patrocínio da disseminação da TOC. Sua dedicação pessoal e experiência foram fundamentais para reestruturar coerentemente o trabalho durante a revisão do texto final.

Cumprir-me, ainda, a obrigação de agradecer ao meu amigo *Reinaldo Fagundes dos Santos*, diretor-presidente da Siber do Brasil S.A., que fez desta empresa o estado-da-arte na combinação lógica e arrojada de várias inovações do empresariamento

corporativo, evidenciando que não há superação e diferenciação competitiva sem o confronto com os modelos administrativos contemporâneos. Empresário audaz e de grande visão, o *Dr. Reinaldo* esteve sempre disposto a tentar novas formas de administração, mesmo correndo os riscos intrínsecos dos processos de mudança.

Por fim, agradeço aos *Professores*, o *Dr. Fernando Bernardi de Souza*, da UNESP-FEB, o *Dr. Renato da Silva Lima*, da UNIFEI, e o *Dr. Humberto Rosseti Baptista*, da *Goldratt Scholls*, cujas valiosas contribuições auxiliaram-me na elucidação de uma série de incógnitas relevantes sobre o tema.

“Aos que têm iniciativa,  
são atentos às oportunidades,  
aceitam desafios,  
administram a mudança  
e criam as organizações de amanhã.”

Prof. Dr. José Carlos Assis Dornelas



MOELLMANN, A. H. **Aplicação da Teoria das Restrições no Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. 2008. 163f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica – concentração em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2008.

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma aplicação real da teoria das restrições (*theory of constraints* - TOC) no gerenciamento de uma cadeia de suprimentos, demonstrando como esta metodologia pode trazer importantes melhorias no desempenho global do sistema de abastecimento. Tais melhorias são obtidas por intermédio da redução dos níveis gerais de estoques e, ao mesmo tempo, pela minimização das oportunidades de vendas perdidas, ocasionadas devido à indisponibilidade de produtos nos pontos de consumo (clientes finais). Os principais conceitos da TOC, tais como, os processos de raciocínio, a programação tambor-pulmão-corda (TPC) e o TPC-simplificado, foram adaptados do ambiente de manufatura para a utilização prática numa cadeia de suprimentos, permitindo a emergência dos principais dilemas que afetam o desempenho do processo de distribuição. A compreensão deste contexto propicia um melhor balanceamento entre os ganhos globais da cadeia e os ganhos pontuais de cada parceiro. Salienta-se, ainda, que o processo de estoque gerenciado pelo fornecedor (*vendor-managed inventory* - VMI) e os recursos do *business-to-business* (B2B) são fortalecidos quando utilizados junto aos preceitos da TOC, robustecendo o desempenho do sistema e diminuindo, ainda mais, os níveis de estoques, através da minimização do efeito chicote (*bullwhip effect*). Uma aplicação prática é apresentada para evidenciar a viabilidade e os benefícios da proposta, em que o ERP CIS (*Customer Integrated System*) utiliza, em seu módulo logístico, o VMI integrado à TOC e a um B2B na *internet*. O modelo opera como um sistema de planejamento e programação avançados (*advanced planning and scheduling* – APS), realizando todo o compartilhamento de informações entre os ERPs, desde os fornecedores até os clientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Teoria das restrições, gerenciamento da cadeia de suprimentos, estoque gerenciado pelo fornecedor, *business-to-business*

MOELLMANN, A. H. **Application of the Theory of Constraints to Supply Chain Management**. 2008. 163f. Dissertation (Master of Science in Mechanical Engineering – Production Engineering concentration) – Engineering College from the Campus of Guaratinguetá, São Paulo State University, Guaratinguetá, 2008.

### **ABSTRACT**

This research presents a real application of the theory of constraints (TOC) to the management of a supply chain, in order to demonstrate how this methodology can introduce important improvements in the entire supply system performance. These improvements are gained by decreasing the general inventory levels and, at the same time, reducing losses of sales opportunities due to the lack of goods at sales points (end-customers). The main concepts of TOC, as the thinking process, the drum-buffer-rope schedule (DBR) and the simplified-DBR, were adapted from the manufacturing environment to a practical use in a supply chain, providing a better perception of the abstruse dilemmas that constrains the performance of the distribution system. The comprehension of this context enables a better balance between the global gains of the supply chain and each local earnings of each partner. Moreover, the vendor-managed inventory (VMI) and the business-to-business (B2B) are strengthened when related with the TOC conception, making a robust system performance and decreasing, even more, the inventory levels, by minimizing the bullwhip effect. A practical application is presented to evidence the feasibility and the benefits of this proposal, where the CIS ERP (Customer Integrated System) relates its logistic module the integrated VMI to TOC and B2B to the internet. This model operates as an advanced planning and scheduling system (APS), accomplishing all data sharing between the ERPs from the suppliers to the customers.

**KEYWORDS:** Theory of constraints, supply chain management, vendor-managed inventory, business-to-business

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Fontes de pesquisa consultadas e referenciadas.....	26
FIGURA 2 – SCM: integrando e gerenciando os processos empresariais através da cadeia de suprimentos .....	39
FIGURA 3 – Cadeia de suprimentos tradicional .....	42
FIGURA 4 – Amplificação da demanda ou efeito chicote.....	45
FIGURA 5 – O método de focalização em 5 etapas .....	52
FIGURA 6 – Analogia entre as marchas militares e a subordinação do sistema ao seu RRC .....	56
FIGURA 7 – O pulmão de expedição .....	58
FIGURA 8 – O pulmão do RRC .....	59
FIGURA 9 – O pulmão de convergência .....	60
FIGURA 10 – Alocação dos pulmões do RRC, de convergência e de expedição em uma linha de manufatura, de acordo com o método de programação TPC.....	61
FIGURA 11 – Lógica da programação tambor-pulmão-corda (TPC) .....	63
FIGURA 12 – Representação da importância do G-I-DO para o mundo dos ganhos .....	69
FIGURA 13 – Principal dilema entre os parceiros da cadeia de suprimentos .....	73
FIGURA 14 – Principal dilema do ponto de vista interno dos parceiros da cadeia de suprimentos.....	75
FIGURA 15 – Ponto de equilíbrio a ser determinado para satisfazer o principal dilema do ponto de vista interno dos parceiros da cadeia de suprimentos .....	77
FIGURA 16 – Analogia: de fluxo intermitente (fornecimento em lote) para fluxo contínuo (distribuição “puxada”).....	79
FIGURA 17 – Analogia para distribuição “puxada” .....	81
FIGURA 18 – Demanda e capacidade para um RRC em potencial .....	84
FIGURA 19 – Comparação entre os modelos TPC tradicional e TPC-simplificado .....	85

FIGURA 20 – O processo de implementação TPC-simplificado .....	86
FIGURA 21 – O processo de distribuição “empurrada” .....	87
FIGURA 22 – O processo de distribuição “puxada” .....	89
FIGURA 23 – Explorar e subordinar na distribuição .....	106
FIGURA 24 – Estrutura hierarquizada dos indicadores de desempenhos locais e globais .....	109
FIGURA 25 – Ilustração dos sistemas: convencional, VMI e consignação.....	114
FIGURA 26 – Ilustração dos sistemas de TI .....	117
FIGURA 27 – Ilustração da nova arquitetura dos sistemas de TI através do APS .	118
FIGURA 28 – Proposta TOC-VMI-B2B para o SCM com RRC ativo .....	121
FIGURA 29 – Proposta TOC-VMI-B2B para o SCM sem RRC ativo (TPC-Simplificado) .....	125
FIGURA 30 – Gestão da Siber do Brasil S.A. com foco no cliente, através do CIS .....	131
FIGURA 31 – CIS na cadeia de suprimentos utilizando a TOC-VMI-B2B & APS .....	133

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 – Ferramentas dos processos de raciocínio da TOC e suas aplicações .....	67
TABELA 2 – Indicadores da Siber do Brasil antes e depois da implementação do sistema TOC-VMI-B2B .....	139

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC	- <i>Activity Based Costing</i>
APICS	- <i>American Production and Inventory Control Society, Inc.</i>
APR	- <i>Árvore de Pré-requisitos</i>
APS	- <i>Advanced Planning and Scheduling</i>
ARA	- <i>Árvore da Realidade Atual</i>
ARF	- <i>Árvore da Realidade Futura</i>
AT	- <i>Árvore de Transição</i>
B2B	- <i>Business-to-Business</i>
BSC	- <i>Balanced Scorecard</i>
CIS	- <i>Customer Integrated System</i>
CSCMP	- <i>Council of Supply Chain Management Professionals</i>
CTV	- <i>Custos Totalmente Variáveis</i>
DO	- <i>Despesa Operacional</i>
DRP	- <i>Distribution Resource Planning</i>
ERP	- <i>Enterprise Resource Planning</i>
G	- <i>Ganho</i>
I	- <i>Investimento</i>
JIT	- <i>Just-in-Time</i>
LL	- <i>Lucro Líquido</i>
MPS	- <i>Master Production Schedule</i>
MRP	- <i>Material Requirement Planning</i>
MRP-II	- <i>Manufacturing Resource Planning</i>
OPT	- <i>Optimum Production Technology</i>
P&G	- <i>Procter e Gamble</i>
PV	- <i>Produtos Vendidos</i>
RRC	- <i>Recurso Restritivo de Capacidade</i>
RSI	- <i>Retorno sobre o Investimento</i>
SC	- <i>Supply Chain</i>
SCM	- <i>Supply Chain Management</i>
TI	- <i>Tecnologia da Informação</i>
TIC	- <i>Tecnologia da Informação e Comunicação</i>
TOC	- <i>Theory of Constraints</i>
TPC	- <i>Tambor-Pulmão-Corda</i>
TPC-S	- <i>Tambor-Pulmão-Corda Simplificado</i>
TQC	- <i>Total Quality Control</i>
VMI	- <i>Vendor-Managed Inventory</i>
WIP	- <i>Work-in-Process</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	16
1.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CENÁRIO E RELEVÂNCIA DO ASSUNTO	16
1.2 OBJETIVOS, JUSTIFICATIVAS E DELIMITAÇÕES DA PESQUISA	19
1.2.1 <b>Objetivo geral</b>	19
1.2.2 <b>Objetivos específicos</b>	19
1.2.3 <b>Justificativas, fatores motivacionais e delimitações do trabalho</b>	20
1.3 MÉTODO E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	22
1.3.1 <b>Revisão da literatura</b>	22
1.3.2 <b>Método, classificação e estratégia de pesquisa</b>	27
1.3.2.1 Método de pesquisa: estudo de caso	30
1.3.3 <b>Considerações finais sobre os métodos adotados para a pesquisa</b>	33
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	34
<b>2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b>	37
2.1 GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS	37
2.1.1 <b>O MRP e sua influência no cenário contemporâneo do SCM</b>	41
2.1.2 <b>O efeito chicote (<i>the bullwhip effect</i>)</b>	45
2.2 TEORIA DAS RESTRIÇÕES ( <i>Theory of Constraints - TOC</i> )	48
2.2.1 <b>Fundamentos da TOC</b>	49
2.2.1.1 O conceito de restrição	49
2.2.1.2 O processo de focalização em 5 etapas (melhoria contínua)	51
2.2.1.3 A programação tambor-pulmão-corda (TPC)	54
2.2.1.4 Os processos de raciocínio da TOC	64
2.2.1.5 O mundo dos custos e o mundo dos ganhos	67
2.3 A APLICAÇÃO DA TOC NO SCM	72
2.3.1 <b>Os principais dilemas do SCM segundo a TOC</b>	72
2.3.2 <b>Distribuição: sistema “empurrado” versus sistema “puxado”</b>	78
2.3.3 <b>O método tambor-pumão-corda simplificado (TPC-S)</b>	82
2.3.4 <b>Distribuição “puxada” com o tambor-pulmão-corda simplificado</b>	86
2.3.5 <b>TOC: paralelo entre manufatura e SCM</b>	89
2.3.6 <b>O gerenciamento das restrições aplicado ao SCM</b>	95
2.3.6.1 Primeiro passo: identificar a restrição no SCM	98
2.3.6.2 Planejamento da demanda e posicionamento estratégico dos estoques	99
2.3.6.3 Segundo passo: explorar a restrição no SCM	101
2.3.6.4 Terceiro passo: subordinar todo o sistema de SCM à restrição	103
2.3.7 <b>Considerações finais sobre a aplicação da TOC e o gerenciamento das restrições no SCM</b>	104
2.3.8 <b>Garantia de desempenho</b>	107
2.4 <b>VENDOR-MANAGED INVENTORY (VMI), BUSINESS-TO-BUSINESS (B2B) E ADVANCED PLANNING AND SCHEDULING (APS)</b>	111
2.4.1 <b>Vendor-managed inventory (VMI)</b>	113
2.4.2 <b>Internet e business-to-business (B2B)</b>	115
2.4.2.1 <b>Internet</b>	115

2.4.2.2 <i>Business-to-business</i> (B2B).....	116
2.4.3 <i>Advanced planning and scheduling</i> (APS) .....	117
<b>3 O MODELO PROPOSTO: O SISTEMA HÍBRIDO DE TOC</b>	
<b>APLICADO AO SCM APOIADO PELO VMI-B2B</b> .....	120
3.1 CONCLUSÕES SOBRE O MODELO PROPOSTO.....	126
<b>4 APLICAÇÃO REAL DO MODELO PROPOSTO: O CASO SIBER DO</b>	
<b>BRASIL S.A.</b> .....	128
4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA E CENÁRIO.....	128
4.2 O SISTEMA DE ERP <i>CUSTOMER INTEGRATED SYSTEM</i> (CIS) .....	131
4.3 A INTEGRAÇÃO CIS & TOC-VMI-B2B NA SIBER DO BRASIL.....	132
4.4 RESULTADOS E CONCLUSÕES.....	138
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES</b> .....	140
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	143
<b>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA</b> .....	150



## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CENÁRIO E RELEVÂNCIA DO ASSUNTO

O *Council of the Supply Chain Management Professionals* (CSCMP) define que o gerenciamento da cadeia de suprimentos (*supply chain management* – SCM) compreende o planejamento e a administração de todas as atividades envolvidas em fornecimento, aquisição, transposição, permuta e gerenciamento logístico, incluindo também a coordenação e colaboração com os canais de distribuição, sejam eles fornecedores, intermediários, prestadores de serviços terceirizados e clientes. Por estas razões, o SCM integra o gerenciamento do suprimento e da demanda dentro e através das empresas.

Com a contínua evolução e melhoramento das ferramentas de SCM, desenvolvidas mais intensamente a partir da 2<sup>a</sup>. metade da década de 90, são perceptíveis os benefícios obtidos em otimização e eficácia, devido fundamentalmente à integração conjunta dos processos entre os membros predecessores e sucessores da cadeia de suprimentos, especialmente quando comparados com o desempenho dos envolvidos agindo isoladamente, mais precisamente no atendimento das necessidades dos clientes finais.

Todavia, apesar de toda a evolução e aperfeiçoamento desenvolvidos, verifica-se na prática que, em sua grande maioria, as cadeias de suprimentos ainda apresentam deficiências crônicas que comprometem os resultados.

De acordo com Goldratt *et al.* (2000), dentre as várias deficiências que precisam ser solucionadas nas organizações, podem ser citadas:

- Informações dispersas em termos de previsões, estoques, planejamento e tendências;
- *Lead times* muito longos;
- Grande número de prazos não cumpridos, ou cumpridos com muito esforço extra;
- Falhas freqüentes de inventário e nas quantidades necessárias dos materiais;
- Altos níveis de estoques no sistema como um todo;

- No varejo, excesso geral de estoques e, ao mesmo tempo, falta pontual de produtos;
- Altos níveis de devolução;
- Obsolescência e baixo giro de estoques;
- Grande número de embarques emergenciais e dos níveis de expedição;
- Custos significativos de transporte;
- Mudanças freqüentes e/ou ausência de controle sobre as prioridades;
- Muitas programações ao mesmo tempo;
- Conflitos na programação dos recursos logísticos;
- Falta de comprometimento dos clientes chave.

Posto isto, faz-se necessário o estudo das relações e dos processos entre todos os membros da cadeia de suprimentos, desde o fornecimento primário até o consumidor final, e a identificação das causas básicas destes problemas, através da exploração e do entendimento sobre os seguintes aspectos:

- a. Os paradigmas e os processos tradicionais de administração no meio empresarial;
- b. As análises do ponto de vista da programação das fábricas *versus* as estratégias voltadas aos interesses do mercado;
- c. Os dilemas e conflitos que se sobrepõem tanto aos interesses do mercado quanto de cada elo da cadeia;
- d. As deficiências no relacionamento colaborativo e nas parcerias estratégicas entre os membros da cadeia;
- e. O desbalanceamento entre os níveis gerais de estoques e a demanda;
- f. A ausência de uma comunicação precisa, ágil e alinhada com os interesses internos e globais (mercado).

É nesse contexto que essa dissertação se insere, em que a alternativa estudada, desenvolvida e implementada procurou agregar a propriedade intelectual e técnica de várias áreas do conhecimento, no sentido de melhor gerenciar uma cadeia de suprimentos.

A abordagem sistêmica da teoria das restrições (*theory of constraints* – TOC) mostrou ser de grande valia para enfrentar este desafio, contribuindo globalmente com o processo de SCM, cujo sucesso se traduz em **atender todas as oportunidades de vendas com o menor custo total** (menores inventários, maior otimização em transporte e maiores giros de estoque).

Agregado a esta perspectiva, o estoque gerenciado pelo fornecedor (*vendor-managed inventory* – VMI) vem ao encontro desta proposta, facilitando o gerenciamento para aplicação da TOC e vice-versa no SCM. Neste trabalho, o VMI se refere ao acordo por meio do qual o fabricante é o responsável por manter e gerenciar os níveis dos estoques de seus produtos acabados nos seus distribuidores e clientes (MONCZKA *et al.*, 2005).

Por último, todo sistema de suprimentos necessita de uma arquitetura informatizada para a troca de informações precisas, seguras e em tempo real. Sob este aspecto, as soluções *business-to-business* (B2B) permitem uma comunicação mais eficaz, integrando as organizações e seus processos e seus fornecedores, clientes, parceiros estratégicos e distribuidores (BERTAGLIA, 2003).

Finalizando, o núcleo do emprego da TOC no SCM envolve todo o gerenciamento dos estoques ao longo da cadeia através do elo convergente: o fabricante de produtos acabados. E a parcela do sistema na qual o controle dos estoques dos clientes é feita por este fabricante caracteriza-se então como um modelo de VMI.

Contudo, todo o processo seria inviável sem os recursos do B2B através da *internet*. Do mesmo modo, é também por meio da *internet* que todos os sistemas de planejamento dos recursos empresariais (*enterprise resource planning* – ERP) são integrados através de uma arquitetura informatizada de planejamento e programação avançados (*advanced planning and scheduling* – APS) entre todos os parceiros (Automotive Design & Production, 1999), demonstrando, enfim, o co-relacionamento entre a TOC e as soluções VMI-B2B-APS.

## 1.2 OBJETIVOS, JUSTIFICATIVAS E DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

### 1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo melhorar o desempenho global das cadeias de suprimentos por intermédio da redução do nível global de estoques ao longo delas e, ao mesmo tempo, garantir as vendas, através da disponibilidade dos produtos ao consumidor final, em qualquer circunstância. Para atingir este intento, os conceitos clássicos da Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* – TOC) foram utilizados e adaptados para aplicações no SCM, com o propósito de eliminar ou, pelo menos, minimizar as dificuldades relacionadas nas considerações iniciais.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral, torna-se essencial:

1. Fundamentar o desenvolvimento de um modelo de aplicação da TOC capaz de contribuir para a gestão eficaz de uma SCM, através dos seguintes aspectos:
  - i. Compreensão e dissipação dos principais dilemas presentes nas cadeias de suprimentos convencionais;
  - ii. Mudança da percepção sobre o relacionamento colaborativo entre os fornecedores, fabricantes, distribuidores e varejistas (ou lojistas);
  - iii. Adoção de uma nova estratégia de distribuição e reabastecimento, baseada na visão holística de ganhos da TOC;
  - iv. Utilização do VMI para robustecer e impulsionar, ainda mais, a eficácia deste novo processo, estreitando a colaboração e a confiança entre os membros da cadeia de suprimentos;
  - v. Verificação de formas de interação do B2B e do APS, agregados à TOC e ao VMI, de maneira a promover uma rápida e precisa comunicação entre os envolvidos;

- vi. Adequação dos processos de manufatura para atender esta nova estratégia.
- 2. Justificar a sustentação do modelo através de estudos e pesquisa acadêmica;
- 3. Demonstrar o desenvolvimento da lógica para o delineamento deste sistema proposto;
- 4. Evidenciar a viabilidade do modelo, por intermédio da aplicação prática em uma empresa de médio porte.

### 1.2.3 Justificativas, fatores motivacionais e delimitações do trabalho

A perspectiva de contribuir para a evolução dos atuais processos de SCM é o maior motivador para fundamentar os objetivos deste projeto, cujas razões fundamentam-se pelos seguintes argumentos:

1. Encontrar uma alternativa aos SCMs convencionais que melhor confronte as atuais dificuldades, face aos problemas ainda freqüentemente verificados em informações, prazos, estoques, disponibilidade, transporte e reabastecimento, não obstante todo o *know-how*, ferramentas e tecnologias atualmente disseminados;
2. Enfatizar o aspecto holístico na administração da logística de distribuição , com foco no aumento de ganho na cadeia como um todo (eficiência global), em detrimento do sistema de referência tradicional (eficiência local), por acreditar que a busca da eficiência local é a principal origem das dificuldades apresentadas;
3. Verificar o potencial do uso conjunto das soluções propostas, através da aplicação prática da TOC com o suporte do VMI-B2B-APS;
4. Idealização do modelo a partir do interesse pessoal e da vivência profissional do autor pelo emprego da TOC em vários campos, incentivado com a aplicação prática da metodologia em outras indústrias.

É particularmente importante explicitar que o atual estudo é voltado para cadeias de suprimentos cujas demandas são baseadas em previsões, não sendo objetivo desta

pesquisa a sua utilização em sistemas onde as demandas são baseadas em pedidos sob encomenda.

A aplicação prática do modelo na Siber do Brasil S.A., empresa objeto de estudo desta pesquisa, foi facilitada pela total confiança existente entre a empresa e seus clientes/fornecedores, cuja credibilidade foi construída ao longo de mais de uma década, com total reciprocidade e engajamento entre todos os envolvidos na cadeia de suprimentos. Para tanto, foi fundamental a maturidade e a visão estratégica da alta administração da empresa.

Sob este aspecto, verifica-se, paralelamente, que outros casos práticos envolvendo implementações com a TOC em outras companhias, seja de forma isolada ou associada a outros processos, partiram, em sua maioria, de seus dirigentes, cujas iniciativas procuram e perseguem alternativas para fomentar melhorias empreendedoras (porém silenciosas) de gestão, não se deixando influenciar pela inércia decorrente de um provável desempenho empresarial estável. Esta postura é fundamental para proteger estas companhias contra possíveis ameaças em caso de futuras mudanças no cenário empresarial globalizado.

Ainda em relação à aplicação prática do modelo, houve uma fase de transição do sistema tradicional para o projeto proposto, em que foi essencial criar uma estrutura para lastrear a condição financeira dos parceiros mais sensíveis, normalmente situados nas posições mais primárias da cadeia de suprimentos, cujos fluxo-de-caixa e capital-de-giro eram mais vulneráveis, justamente por estarem mais distantes do consumidor final.

Em razão das peculiaridades empresariais da Siber do Brasil S.A., uma multinacional de médio porte, voltada para seu regime de mercado específico (o qual será detalhado mais a frente), é desejável que o modelo seja estudado, adaptado e validado em outros segmentos de mercado, com características de logística e distribuição diferenciadas, incluindo as avaliações do tipo de produto, flutuação e sazonalidade de mercado, volume de vendas, sensibilidade tecnológica, *mix* de produtos e complexidade da árvore de produto.

### 1.3 MÉTODO E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Segundo Severino (2002), em relação às características qualitativas de um trabalho científico, deve-se estabelecer a sua procedência em termos da pesquisa e reflexão, de forma que venham a focalizar os aspectos:

- Pessoal: exige do pesquisador um envolvimento tal que seu objetivo de investigação passe a fazer parte de sua vida;
- Autônomo: o trabalho é fruto de um esforço do próprio pesquisador;
- Criativo: não se trata mais de aprender ou apropriar-se da ciência acumulada, mas de colaborar no desenvolvimento da ciência;
- Rigoroso: não há lugar para espontaneísmo, diletantismo, senso comum e mediocridade.

A dissertação de mestrado “trata-se da comunicação dos resultados de uma pesquisa e de uma reflexão, que versa sobre um tema igualmente único e delimitado” (SEVERINO, 2002).

#### 1.3.1 Revisão da literatura

Conforme Marconi e Lakatos (2001), a pesquisa bibliográfica, por sua própria natureza, constitui-se de fontes secundárias de dados coletados por outros pesquisadores.

No caso desta dissertação, foi composta de material já elaborado, disponível em vários meios. A pesquisa foi fortemente embasada em documentos já publicados em forma de livros, revistas, periódicos científicos, teses, dissertações e publicações avulsas.

De forma menos científica, mas não menos relevante, para este trabalho também ressalta-se o complemento de exploração destas referências através de consultorias, imprensa escrita e *internet*.

Todo este conjunto propiciou o contato direto com a maior quantidade possível de material escrito e divulgado acerca dos assuntos abordados durante o desenvolvimento deste projeto, sejam eles sob um contexto isolado ou em conjunto.

Fontes e bases de dados pesquisadas:

- a. Grupo *Elsevier* (Copyright © 2008 *Elsevier B.V.*) – base de dados *on line*:
  - i. *ScienceDirect* (*ScienceDirect*®): biblioteca digital para artigos e informações científicas, técnicas e médicas. Documentos disponíveis na língua inglesa;
  - ii. *Scopus* (*Scopus*®): base de dados de resumos e citações de literatura sobre pesquisa e investigação científica. Documentos disponíveis na língua inglesa;
- b. *Emerald Group Publishing* (Copyright © 2008 *Emerald Group Publishing Limited*): jornais, periódicos e literatura de pesquisa e investigação científica sobre negócios e gerenciamento. Documentos disponíveis na língua inglesa;
- c. *Taylor & Francis Group* (Copyright © 2008 *Taylor & Francis Group*): fornecedor global de informações eletrônicas por meio de jornais e publicações para os segmentos acadêmico, profissional e comercial. Documentos disponíveis na língua inglesa;
- d. *ProQuest* (Copyright © 2008 *ProQuest LLC*): dissertações, teses, publicações, livros, coleções, jornais, periódicos, coleções digitais, livros fora de catálogo, diretórios telefônicos. Segmentos: negócios e economia, referência geral, humanidades, e conteúdo científico/técnico/médico. Documentos disponíveis na língua inglesa;
- e. *Harvard Business School Publishing* (Copyright © 2008 *Harvard Business School Publishing Corporation*): publicações, artigos, livros, coleções, jornais, conferências, *cases*, relatórios especiais e vídeos sobre negócios. Documentos disponíveis nas línguas inglesa e portuguesa;
- f. Portal de Periódicos CAPES (Copyright © 2008 [Periodicos.capes.gov.br](http://Periodicos.capes.gov.br)): textos completos de artigos de mais de 12.365 revistas internacionais, nacionais e estrangeiras, e 126 bases de dados com resumos de documentos em todas as áreas do conhecimento. Inclui também banco de teses e uma



seleção de importantes fontes de informação acadêmica com acesso gratuito na Internet. Documentos disponíveis nas línguas inglesa, portuguesa e espanhola;

- g. Anais do Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais (SIMPOI / POMS) 2002 a 2007 – Realização: FGV-EAESP / Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas – Departamento de Administração da Produção e Operações – POI. Documentos disponíveis nas línguas inglesa e portuguesa;
- h. Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP / ICIEOM) 1996 a 2007 – Realização: Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO. Documentos disponíveis na língua inglesa e portuguesa;
- i. Anais do Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP) VI a XIV edição – Realização: Universidade Estadual Paulista – UNESP – Faculdade de Engenharia – Departamento de Engenharia de Produção – Campus de Bauru. Documentos disponíveis na língua portuguesa;
- j. *Supply Chain Management - Top Ten Articles and Full List of Papers – Wichita State University*: fonte de referências dos artigos sobre SCM contemporâneos mais citados. Documentos disponíveis na língua inglesa;
- k. *EBSCO Host Research Databases* (© 2008 EBSCO Industries, Inc.) (acesso a partir do banco de dados da biblioteca da *University of Cincinnati – OHIO – EUA*): referências para banco de dados voltados à pesquisa industrial e acadêmica, jornais *on-line*, publicações, artigos e livros. Segmentos: faculdades e universidades; hospitais e instituições médicas; empresas e indústrias; instituições governamentais; coleções de arquivos, documentos, livros e registros públicos. Documentos disponíveis na língua inglesa.

Durante o processo de exploração bibliográfica, verificou-se que há escassez de material acadêmico e científico relacionando o emprego da TOC no gerenciamento da cadeia de suprimentos. É ainda mais restrita a disponibilidade de publicações relatando aplicações na prática ou estudos de casos.

Mabin e Balderstone (2003) denotam esta carência de publicações relevantes sobre o tema TOC e SCM, uma vez que a grande maioria dos materiais disponíveis em periódicos apresenta apenas uma revisão da literatura e da metodologia, em alguns casos também acompanhados de simulações. Ressalta-se, porém, que o processo de pesquisa para este trabalho não identificou matérias científicas reportando aplicações práticas ou estudos de caso.

Para os acadêmicos, profissionais e outros interessados em conhecer a TOC e suas aplicações no SCM, as referências em linguagem e lógica mais usuais e acessíveis encontram-se, predominantemente, disponíveis apenas através de publicações de livros, *white-papers*, e materiais contendo auto-treinamento via *web* através dos *sites* de consultorias especializadas, não sendo amplamente difundidos estudos científicos sobre o tema. Porém, ressalta-se que estas publicações, em geral, ainda não usufruem do necessário reconhecimento científico no meio acadêmico.

Ainda exclusivamente para a TOC aplicada ao SCM, podemos referenciar como mais preponderantes os livros “Necessária sim, mas não suficiente” (GOLDRATT; SCHRAGENHEIM; PTAK, 2000), “Visão viável: transformando o faturamento em lucro líquido” (KENDALL, 2007), e “*Manufacturing at warp speed: optimizing supply chain financial performance*” (SCHRAGENHEIM; DETTMER, 2001).

Analogamente, dentre os artigos e *white-papers* mais abrangentes sobre TOC e SCM incluem-se: “*Applying the theory of constraints to supply chain collaboration*” (SIMATUPANG; WRIGHT; SRIDHARAN, 2004), “*The theory of constraints' thinking process approach to developing strategies in supply chain*” (RAHMAN, 2002), “Utilização do sistema de produção da teoria das restrições na gestão da cadeia de suprimentos: uma revisão conceitual” (SOUZA *et al.*, 2004), e “*Simplified Drum-Buffer-Rope: a whole system approach to high velocity manufacturing*” (SCHRAGENHEIM; DETTMER, 2000). Aqui ressalta-se que no *paper* de Rahman (2002) apenas cita-se o VMI, sem correlacioná-lo no emprego junto à TOC.

Dentro destas circunstâncias, também não foram encontrados artigos relacionando de forma sistêmica o emprego da TOC-VMI ao SCM. Em contrapartida, o *paper* intitulado “*Integrating the theory of constraints into supply chain management*” (UMBLE; UMBLE, 2002) apenas esclarece que a TOC vem ao

encontro dos potenciais benefícios do VMI, por meio da contribuição prestada pelo fabricante na determinação dos níveis adequados de estoques dos seus clientes.

Da mesma forma, os principais artigos consultados e referenciados com respeito ao VMI foram: “*Supply chain integration in vendor-managed inventory*” (YAO *et al.*, 2007), e “*The effect of vendor managed inventory (VMI) dynamics on the bullwhip effect in supply chains*” (DISNEY; TOWILL, 2003).

Finalmente foi adotado o *paper* “*The bullwhip effect in supply chains*” (LEE *et al.*, 1997) como a principal referência relacionada ao efeito chicote.

A Figura 1 apresenta um extrato geral dos materiais científicos coletados (artigos, teses e livros) e suas respectivas distribuições nos temas TOC, VMI, B2B e SCM, seja de forma combinada ou isolada:

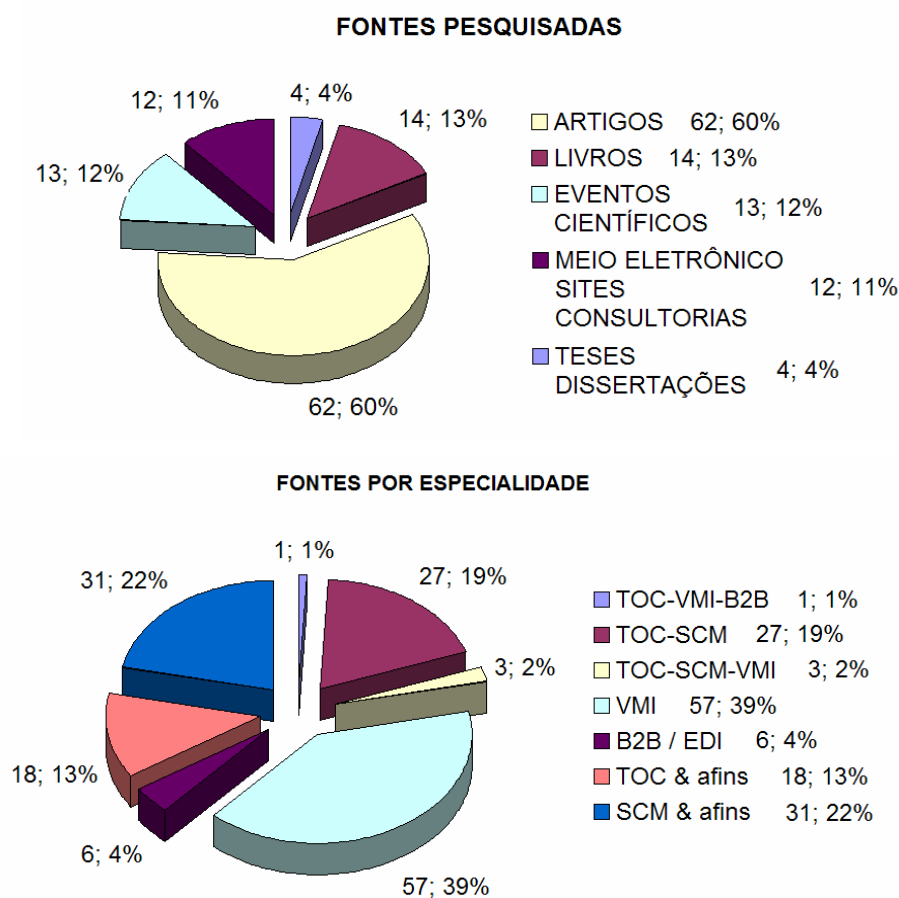


Figura 1 – Fontes de pesquisa consultadas e referenciadas.

### 1.3.2 Método, classificação e estratégia de pesquisa

A escolha do método e das técnicas de pesquisa foram direcionadas para oferecer uma combinação de contribuições prática e teórica, procurando atender aos seguintes desafios básicos:

- A cientificidade da pesquisa;
- A justificativa pelas argumentações e pelo poder de questionamento, para entender o processo de geração de teoria e, ao mesmo tempo, prover condições de explicar os comportamentos na prática, através dos dados e fatos;
- Razões de preferência por dados mais qualitativos e menos quantitativos.

De acordo com Mello (2007), o propósito de um método científico é dar robustez e segurança ao desenvolvimento da pesquisa, a fim de orientar as atividades e os procedimentos pelos meios mais adequados. Neste, inclui-se a capacidade de discernimento pelo redirecionamento ou não dos objetivos, muitas vezes em função da sucessão de resultados incongruentes ao planejamento inicial, ou do subjetivismo das premissas básicas adotadas.

Dentro dos demais atributos exigidos nos trabalhos científicos, Silva e Menezes (2004) destacam as classificações com base: no método de abordagem; na abordagem do problema; na natureza da pesquisa; nos objetivos; e nos procedimentos técnicos adotados.

A pesquisa aqui delineada se insere no método científico indutivo, pois considera que o conhecimento é fundamentado na experiência (SILVA; MENEZES, 2001), cuja generalização deriva das observações de casos da realidade concreta e das constatações particulares (MARCONI; LAKATOS, 2001).

Em adição a isto, apesar dos resultados positivos evidenciados pela aplicação real atestarem a sustentação da proposição (a serem detalhados adiante), há também o intento de ampliar o alcance dos conhecimentos, não sendo prudente embasar-se somente na lógica dos fatos ou nos efeitos positivos deste único modelo testado,

admitindo-se, portanto, diferentes graus de contestação, posto também que as premissas adotadas sofrem os preconceitos dos paradigmas empresariais atuais.

Para a classificação com base na forma de abordagem do problema, este cenário vem então ao encontro da pesquisa qualitativa. Isto se justifica pela aproximação da teoria e dos fatos, através de análises dos ambientes na prática, bem como da subjetividade do pesquisador. Silva e Menezes (2001) consideram que existe proximidade e o contato do pesquisador com o objeto de análise, cujos dados são investigados indutivamente, em que o processo e seu significado são os focos principais de abordagem.

A pesquisa qualitativa não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. É descritiva, e o ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados (SILVA; MENEZES, 2001). Ademais, o estudo de caso insere-se neste contexto.

Ainda segundo Silva e Menezes (2001), apesar da pesquisa qualitativa considerar associação entre o mundo objetivo e a subjetividade, de forma que esta última apresenta limitações para ser traduzida em números, não descarta-se a possibilidade de, em breve, o objeto deste estudo vir a migrar para a pesquisa combinada, ou qualitativa, combinando assim os aspectos das pesquisas qualitativas e quantitativas em todos ou em algumas etapas dos futuros processos de investigação (MELLO, 2007).

Isto se justifica pelo levantamento bibliográfico realizado já estar contemplando alguns estudos contendo simulações de sistemas através da computação, podendo-se citar como exemplos Umble e Umble (2002) e Menezes e Luz (2007), permitindo uma melhor predição de alguma implantação na prática (caso seja este o intento), porém com prudência, focalizando-se primariamente na sustentabilidade do delineamento do processo, não se apoiando totalmente nos elementos quantitativos, justificado a seguir:

Muitas vezes encontram-se soluções “ótimas” baseadas em modelos matemáticos e simulações ausentes de clareza quanto ao problema, sua natureza, os objetivos da pesquisa ou a seleção de critérios sob os quais o problema será avaliado, ou seja, soluções para problemas que não se sabe exatamente quais são; soluções para problemas engessadamente dados em contextos mutantes ou ainda soluções descontextualizadas (ENSSLIN, 2008, não paginado).

Outro fator complicador pode ser explicado pelo despreparo ou desinteresse daqueles que valorizam primeiro pelos resultados mensuráveis e práticos, em detrimento do rigor científico:

... a formação profissional é unilateral e muitas vezes preconceituosa, sonogada de uma ampla faixa de idéias, tornando nosso espírito crítico limitado e acostumando-se a não aceitar as idéias de inovação, bem como pela dependência cultural e econômica que favorece a acomodação, o conservadorismo, o apoio ao estabelecido e a falta de criatividade (ENSSLIN, 2008, não paginado).

Sendo a teoria deste trabalho envolvida por certa complexidade e incerteza, não facilmente verificáveis (ou quantificáveis), o grau de entendimento e a compreensão evoluirão à medida que este e outros processos amadurecerem. Posto isto, é relevante declinar de um alto grau de certeza por meio de modelagens matemáticas, dando primeiramente ênfase na adequada modelagem qualitativa, vindo desta forma servir como pré-requisito para a modelagem quantitativa, possibilitando que esta última, ao seu tempo, venha a se tornar precisamente mensurável, conforme Ensslin (2008).

Dentro deste objetivo, o intento da pesquisa aqui desenvolvida perseguiu o equilíbrio entre os critérios científicos e o atendimento das necessidades de seus usuários.

Em função disto, a classificação com base na natureza da pesquisa se encaixa na pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos (SILVA e MENEZES, 2004; MELLO, 2007).

Em relação à classificação com base nos objetivos, o trabalho insere-se dentro da pesquisa exploratória, envolvendo o levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado, e a análise dos exemplos que estimulem a compreensão (SILVA e MENEZES, 2004; MELLO, 2007).

Por último, dentre a classificação com base nos procedimentos técnicos adotados, esta dissertação se insere nas seguintes estratégias de pesquisa (SILVA e MENEZES, 2004; MELLO, 2007):

- Pesquisa bibliográfica (detalhada anteriormente no capítulo 1.3.1);

- Estudo de caso, compreendendo a observação direta da realidade com o uso de lógica indutiva, abrangendo a análise aprofundada de um ou mais objetos (casos), com o uso de múltiplos instrumentos de coleta de dados e interação entre o pesquisador e o objeto de pesquisa.

Em relação a este último, é prudente ressaltar que, para esta pesquisa, a aplicação real em uma indústria de médio-porte não pode ser integralmente categorizada no contexto acadêmico voltado para o estudo de caso, posto que somente parte das prescrições foram empregadas para tal (conforme será exposto mais adiante). Porém, as diretrizes bibliográficas foram fundamentais para nortear o autor durante o desenvolvimento deste projeto, mesmo que parcialmente.

#### 1.3.2.1 Método de pesquisa: estudo de caso

A estrutura do projeto de pesquisa foi o ponto inicial para a sustentação da aplicação real, conforme recomendado por Voss *et al.* (2002). Adicionalmente, a fim de garantir que as evidências venham a ser coerentes com o propósito inicial da pesquisa, Yin (2005) ressaltava a importância em procurar a coerência entre:

- Problemas a serem estudados;
- Quais e qual a relevância dos dados a serem coletados;
- Qual a análise adequada dos resultados.

Desta forma, segundo Eisenhardt (1989), é possível garantir a perpetuação do foco na definição inicial durante a evolução da pesquisa, minimizando a dispersão através de um grande volume de dados com pouco valor agregado. Esta opinião também é compartilhada por Voss *et al.* (2002).

Também lembrado por Yin (2001), o projeto de pesquisa trata de pelo menos quatro problemas: quais questões estudar, quais dados são relevantes, quais dados coletar e como analisar os resultados. Esta visão também é compartilhada por Mello (2007), desta forma procurando evitar a situação em que as evidências obtidas não remetam às questões iniciais da pesquisa.

Nesta pesquisa, é relevante notificar que o delineamento inicial do projeto estava focalizado para a aplicação da TOC no SCM. Porém, após o início da pesquisa exploratória, algumas referências bibliográficas demonstraram um paralelo de similaridade e lógica entre a TOC e o VMI (exemplo: Umble e Umble, 2002).

Em segundo, pela escassez de *cases* práticos acerca da TOC ao SCM, houve uma intensificação dos contatos acadêmicos e da proximidade com as comunidades que estudam a TOC.

Neste contexto, a Siber do Brasil S.A. surgiu de forma a superar as expectativas, vindo a estimular uma reavaliação da proposição original, para assim agregar o VMI e o B2B à TOC. Em estudos de caso, Voss *et al.* (2002) lembram que estas mudanças durante a condução das pesquisas não são incomuns.

Apesar de Yin (2005) recomendar um estudo de caso piloto para validar a escolha do tema e suas premissas, assim como aprimorar os planos antes da coleta de dados definitiva, ressalta-se que este não foi o fato, principalmente devido à originalidade do sistema híbrido proposto, caracterizando o trabalho como um estudo de caso único. Soma-se à isto a excepcionalidade em se encontrar empresas com filosofia de empreendedorismo corporativo, dispostas a revelarem o diferencial de suas estratégias empresariais e, ao mesmo tempo, que venham ainda a aplicar concomitantemente a TOC e o VMI agregados (além de outras ferramentas), conforme exposto anteriormente.

Em adição a isto, a originalidade da proposição se encaixa em um estudo de caso do tipo polar, pois apresenta características contrastantes que irão destacar as diferenças que estão sendo estudadas (VOOS *et al.*, 2002), principalmente quando confrontados com outros *cases*, cujos núcleos estejam fundamentados segundo os sistemas de SCM tradicionais.

Os levantamentos de dados básicos para o estudo de caso foram, em sua grande parte, sugeridos durante as entrevistas pelo Diretor Presidente da Siber do Brasil S.A.. Aqui, é prudente ressaltar uma coincidência que veio ao encontro dos interesses de ambas as partes (pesquisador e Diretor Presidente da empresa):



- Ambos são estudiosos da TOC, e foram responsáveis por implementações práticas de projetos envolvendo a aplicação da TOC na manufatura e na gestão de projetos;
- Ambos são acadêmicos, e compreendem o valor que as revisões bibliográficas e a exploração teórico-científica fornecem à substancialidade sobre a propriedade intelectual e a aplicabilidade sobre o projeto.

Esta composição de perfis e de fatos levou ambos (entrevistador e entrevistado) a terem escrito e submetido *papers* em conjunto, com a co-autoria de seus respectivos orientadores acadêmicos (ITA e UNESP), viabilizando a participação em simpósios e conferências, tanto no Brasil quanto no exterior.

Este ambiente promoveu uma estreita simbiose de ambas as partes, abrangendo os aspectos teóricos, acadêmicos e práticos, contribuindo bi-direcionalmente para a evolução e o amadurecimento do tema, muitas vezes através da contraposição de opiniões e deduções, segundo o ponto de vista de cada uma das partes, permitindo a evolução para estudos e lógica cada vez mais aprofundados, viabilizando o embasamento da proposição no meio acadêmico e científico. Junte-se a isto as críticas construtivas oriundas das bancas de qualificação dedicadas para as avaliações técnico-acadêmicas dos artigos submetidos, cujas colocações foram norteadoras para o aprimoramento do trabalho.

Esta proximidade e trabalho conjunto entre entrevistador e entrevistado permitiram o acesso aos dados da empresa de forma bastante característica, não tendo havido necessariamente a preparação de um protocolo de pesquisa classicamente formal, conforme recomenda Yin (2005).

Esta conjunção de cenários veio ao encontro da triangulação interativa, que segundo Mello (2007) consiste de quatro fases:

- Princípio fundamental (revisão da literatura e seleção dos casos);
- Indução (análise dos dados dos casos e desenvolvimento de conjunturas);
- Iteração (refinamento da teoria);
- Conclusão.

Para finalizar, deve-se levar em consideração que, apesar dos esforços da comunidade da engenharia de produção voltados para o amadurecimento do estudo metodológico exclusivo para estudos de caso, ainda encontram-se lacunas acerca da propriedade científica deste tipo de pesquisa (MIGUEL, 2007). Posto isto, conforme sugere Miguel (2007), o desenvolvimento desta pesquisa procurou atender as seguintes recomendações:

- Convergência entre o referencial teórico e o conteúdo prático, identificando as lacunas e as inovações da pesquisa, propondo soluções consistentes;
- A familiaridade do pesquisador com o tema e o enquadramento exploratório da pesquisa;
- A congruência entre a escolha do tema e a seleção da empresa objeto do estudo;
- O planejamento dos aspectos operacionais, de forma a garantir a caracterização do trabalho como uma pesquisa de cunho científico, dentro das possibilidades disponíveis;
- A coleta de dados e suas respectivas fontes, que nesta pesquisa não seguiu um protocolo clássico, nem o uso de múltiplas fontes de evidências;
- A análise de dados voltada mais para os resultados empresariais positivos do negócio, logicamente não desconsiderando também alguns padrões institucionais do meio empresarial;
- A robustez dos resultados para suportar as conclusões e embasar as contribuições à teoria.

### **1.3.3 Considerações finais sobre os métodos adotados para a pesquisa**

Espera-se com este capítulo ter-se esclarecido, de forma transparente, a todos os procedimentos escolhidos para o desenvolvimento teórico e prático desta dissertação, resumidamente em:

- Revisão da bibliografia e sondagem do material disponível na comunidade acadêmica;

- Classificação da pesquisa, da estratégia e dos métodos empregados;
- Escolha do método e suas limitações teóricas e práticas.

Finalmente, em uma pesquisa voltada para estudo de caso, Yin (2005) destaca ser particularmente importante o fato do pesquisador e do entrevistado em geral não serem observadores passivos, o que pode levar ambos a terem uma percepção “contaminada” da realidade, sendo então necessário terem o discernimento em relação ao ponto de vista tendencioso de alguém de “dentro” da pesquisa.

É necessário frisar também que, a partir deste tópico, o texto estará voltado para o desenvolvimento tanto técnico quanto da investigação propriamente ditos. Neste contexto, a palavra “metodologia” será aplicada em vários momentos, tendo como significado a parte da lógica que se ocupa dos métodos do raciocínio, o estudo dos caminhos e dos instrumentos, correspondendo a um conjunto de procedimentos utilizados por uma técnica ou disciplina, e sua teoria geral, com o propósito de demonstrar novas maneiras que conduzam à resolução de problemas de investigação. Em resumo, a metodologia refere-se a aplicação do método através de processos e técnicas.

Ainda neste sentido de examinar e avaliar técnicas que conduzam à captação e processamento de informações com vistas à resolução de problemas, Baptista (1997) complementa que o significado de metodologia compreende a operacionalização, sistematização e racionalização do método por processos e técnicas de que se vale o agente para realizar uma intervenção na realidade, vindo a se tornar uma visão concreta da operacionalização.

#### 1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Além deste capítulo introdutório, esta dissertação se compõe de outros quatro capítulos.

No capítulo dois, é esclarecido todo o contexto teórico, necessário para a compreensão do raciocínio desenvolvido, a fim de, progressivamente, evoluir para o modelo a ser proposto. Este capítulo se sub-divide basicamente em:

- O contexto atual dos sistemas de SCM e seus principais desafios, abordando também a relação entre o MRP e o efeito chicote (*bullwhip effect*), e como estes influenciam os sistemas “empurrados”;
- Os conceitos básicos da TOC, esclarecidos através da sua utilização nos processos de manufatura, com ênfase nos seguintes tópicos: o conceito de restrição, o processo de focalização em cinco etapas; a programação tambor-pulmão-corda (TPC); os processos de raciocínio da TOC; e os paradigmas entre o mundo dos custos e o mundo dos ganhos;
- Na seqüência, a abordagem da TOC é extrapolada da manufatura para a cadeia de suprimentos, produzindo um paralelo entre o TPC tradicional e o TPC-Simplificado (TPC-S), em que este último mostra-se mais adequado quando o cenário se transpõe da programação da manufatura interna para as tomadas de decisão sob o ponto de vista da demanda (mercado);
- Concomitantemente, um aprofundamento na elucidação acerca dos processos de raciocínio da TOC proporcionará a emersão, compreensão e anulação dos principais dilemas e conflitos que restringem o desempenho e os ganhos, tanto da cadeia de suprimentos como de seus envolvidos;
- Adicionalmente, o *vendor-managed inventory* (VMI), o *business-to-business/internet* (B2B) e o *advanced planning and scheduling* (APS) são também explorados, posto que são elementos necessários para a operacionalidade do modelo proposto.

No capítulo três, é ilustrado o modelo principal deste trabalho: o sistema de TOC aplicado ao SCM, suportado pelo VMI-B2B-APS.

No capítulo quatro, é apresentada uma implementação real do modelo híbrido proposto, em uma empresa multinacional de médio porte sediada no Brasil, buscando evidenciar a viabilidade e os benefícios da aplicação deste sistema. Todo o processo é suportado pelo sistema de ERP desenvolvido e utilizado pela própria companhia, denominado *Customer Integrated System* (CIS), cujo algoritmo utiliza, em seu módulo logístico, o VMI integrado à TOC e a modernos recursos da tecnologia da informação (TI) através de um B2B na *internet*. Ainda neste capítulo, é evidenciado que o modelo

opera como um sistema de planejamento e programação avançados (*advanced planning and scheduling* – APS), realizando todo o compartilhamento de informações entre os ERPs dos fornecedores e clientes, complementado com o esclarecimento sobre as dificuldades encontradas para se constituir, estabelecer e implementar este sistema e, em contra partida, apresentar os resultados positivos obtidos pela implementação realizada.

No capítulo cinco, são comparados e discutidos os resultados entre a aplicação real e os fundamentos teóricos, organizam-se as conclusões sobre o tema e são apresentadas as referências consultadas para o desenvolvimento do trabalho.

## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Nesse capítulo serão apresentados os principais conceitos que fundamentaram o trabalho, a fim de promover, por intermédio da descrição do cenário, o entendimento do problema em estudo e dos mecanismos utilizados na solução proposta, com ênfase na administração dos estoques.

### 2.1 GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

O SCM pode também ser definido como duas ou mais empresas independentes trabalhando juntamente para alinhar seus processos de suprimentos, objetivando a geração de valor não só aos clientes finais, mas também aos envolvidos no processo, sendo esperado um sucesso maior trabalhando conjuntamente em um ambiente colaborativo do que agindo sozinhos.

Conforme apontado por Simatupang *et al.* (2004), essas empresas colaboradoras dividem as responsabilidades e os benefícios por estabelecerem um grau de cooperação com seus parceiros predecessores e sucessores, com o objetivo de criar uma vantagem competitiva através de mecanismos como o aumento de acesso ao mercado, melhores fontes de materiais e custo-efetivo de transporte.

Quando todos os membros da cadeia interagem e agem como uma entidade homogênea, o desempenho é melhorado por toda a cadeia, tanto quanto o equilíbrio entre o fornecimento e a demanda contribui para incrementar os lucros.

Adicionalmente, com o aumento da competitividade, a concorrência vem deixando de acontecer entre as empresas para ocorrer entre as cadeias de suprimento. Uma empresa isolada não mais sobrevive, precisando ela estar integrada com seus clientes e fornecedores. Não adianta um fabricante adotar as melhores práticas se seus fornecedores forem caros e/ou seus canais de distribuição forem ineficientes no atendimento às expectativas dos clientes finais (DI SÉRIO; SAMPAIO, 2001).

Ainda segundo Di Sérió e Sampaio (2001), o planejamento e a aplicação do SCM, em um primeiro nível de abrangência estratégica, têm como parâmetros a utilização de modelos de decisão baseados em análises econômicas (custos de

manufatura *versus* custos de aquisição), análises de custos de transação (relações comerciais e mensuração de riscos entre clientes/fornecedores), análises estratégicas (vantagens competitivas, produtos *versus* mercado e competências essenciais) e análises multidimensionais (alocação de despesas, capacidade de inovação, fatores humanos, maturidade tecnológica, dentre outros). Em um segundo nível de abrangência gerencial e operacional, realiza-se o *material requirement planning* (MRP) e o *manufacturing resource planning* (MRP-II), podendo também associá-los ao *just-in-time* (JIT) e ao *Kanban* (CORRÊA *et al.*, 1997).

Apesar de o principal propósito do SCM seja alcançar uma solução de otimização e ganhos para todos os membros envolvidos, freqüentemente há uma grande disparidade entre os potenciais benefícios e a prática (SIMATUPANG *et al.*, 2004).

Todavia, apesar de todo o aperfeiçoamento desenvolvido, verifica-se, na prática, que, em geral, os usuários não atingiram melhores resultados, tanto em rentabilidade quanto na gestão eficaz dos processos, devido à **ausência de uma visão sobre as restrições que afetam o desempenho global da cadeia.**

De fato, o delineamento e a análise da cadeia como um todo é essencial para se alcançar um SCM eficiente. Em outras palavras, um bom projeto de cadeia de suprimentos através de uma integração global é a chave para a redução de custos entre todos os envolvidos. O modelo deve ser capaz de integrar os diversos parceiros da cadeia, contribuindo para a otimização do desempenho global da mesma, e não somente para membros individuais ou entidades de classe (WANG *et al.*, 2004).

Para Lambert (2001), é particularmente importante prestar atenção ao fato de que há uma grande confusão a respeito do que exatamente o SCM implica, pois, na realidade, muitas pessoas o interpretam, simplesmente, como sinônimo de logística, ou logística dedicada para clientes e fornecedores, compreendendo o gerenciamento do fluxo de materiais e informações através da cadeia de suprimentos. Todavia, o SCM é muito mais relevante e complexo do que isto, pois o sucesso de um SCM envolve uma conexão e alinhamento inter-funcional dos processos-chaves dentro e através da rede de companhias ao longo da cadeia. A Figura 2 ilustra, esquematicamente, este conceito:

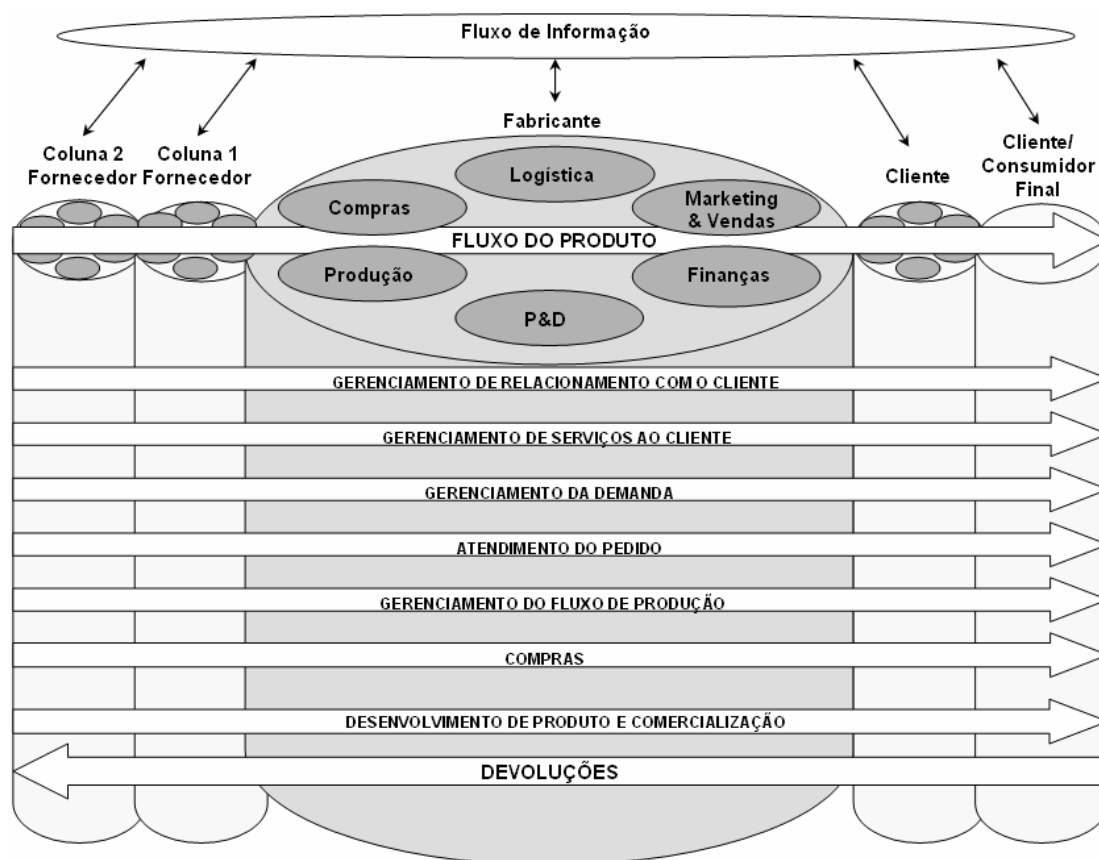


Figura 2 – SCM: integrando e gerenciando os processos empresariais através da cadeia de suprimentos (Fonte: Lambert; Cooper, 2000).

A eficiência da cadeia de suprimento é medida pela sua capacidade de prover um ininterrupto e preciso fluxo de produtos para os clientes.

Porém, na busca por este objetivo, frequentemente, os níveis de estoques recebem um incremento de “segurança” a cada nível predecessor da cadeia, a fim de garantir o pronto fornecimento de bens ao elemento sucessor da cadeia (cliente interno) em casos de aumentos repentinos da demanda.

O resultado final é o estoque estagnado pela não efetivação deste suposto aumento da demanda, processo este conhecido como efeito chicote (*bullwhip effect*). Por isto, se faz essencial entender as causas deste comportamento e verificar alternativas para minimizá-lo. Isto será, apropriadamente, abordado na seção 2.1.2 deste capítulo.

Stadler (2005) acrescenta, também, que um dos elementos que contribuem para este tipo de problema é a comunicação deficiente entre os sistemas de informação que



integram cada *enterprise resource planning* (ERP) adotado pelas empresas dentro da cadeia. Neste contexto, surge então o *advanced planning and scheduling* (APS), com a função de ajudar no alinhamento das informações entre as companhias de forma “inter-ERPs”, através de modelos algorítmicos de pesquisa operacional, baseados nos princípios do planejamento hierárquico.

Ainda segundo Stadler (2005), o foco principal do planejamento hierárquico se dá no suporte ao fluxo de materiais através dos processos empresariais de aquisição, produção, transporte, distribuição e vendas, associado às seguintes tarefas de planejamento:

- a. Planejamento da demanda;
- b. Planejamento de rede de comunicações estratégico;
- c. Planejamento mestre;
- d. Planejamento de produção e programação detalhada;
- e. Planejamento das necessidades de materiais e compras;
- f. Planejamento da distribuição;
- g. Planejamento de transporte;
- h. Garantia de empenho (reserva) de materiais para disponibilidade e atendimento da demanda.

Além de ser necessário propor uma solução para os problemas decorrentes do efeito chicote, Disney e Towill (2002) afirmam que muitas companhias são, atualmente, compelidas a melhorar suas operações na cadeia de suprimentos através do compartilhamento das informações de demanda e estoques com os respectivos fornecedores e os clientes.

Além disto, Disney e Towill (2002) destacam que os mecanismos que estas empresas têm desenvolvido para tal propósito são essencialmente congruentes com a idéia primária do VMI, segundo o qual o sistema de controle para produção, distribuição e armazenagem é monitorado através de estoques em posições estratégicas de convergência no fluxo da cadeia, com as taxas de demanda conhecidas por todos os parceiros em toda a sua extensão.

Enfim, reproduzindo parte da conclusão do *Supply Chain Directions Summit* 2006: “A cadeia de suprimentos na indústria está em transformação. Ao passo que as cadeias de suprimentos evoluem em escala, fabricantes e distribuidores estão redefinindo seus relacionamentos e interfaces com seus provedores de serviços logísticos e de transportes, requerendo destes melhores índices, melhores taxas, melhores serviços prestados e melhor visibilidade”.

### **2.1.1 O MRP e sua influência no cenário contemporâneo do SCM**

É comum verificarmos que, de forma geral, as características presentes em uma cadeia de suprimento tradicional compreendem empresas de médio porte, focadas na maximização das vendas aos seus clientes diretamente sucessores.

Ao mesmo tempo, estas companhias utilizam-se das negociações para explorar ao máximo possíveis vantagens financeiras sobre os seus fornecedores diretamente antecessores.

Este comportamento acarreta uma visão limitada do sistema logístico, posto que estas empresas estão empenhadas na busca pelos seus resultados individuais, direcionando então suas ações para os gerenciamentos da produção, das vendas e do planejamento financeiro, menosprezando sistematicamente as relações entre todos os parceiros e desviando-se do objetivo principal: o cliente final.

A Figura 3 ilustra, genericamente, o relacionamento tradicional entre as empresas de médio porte na cadeia de suprimentos.

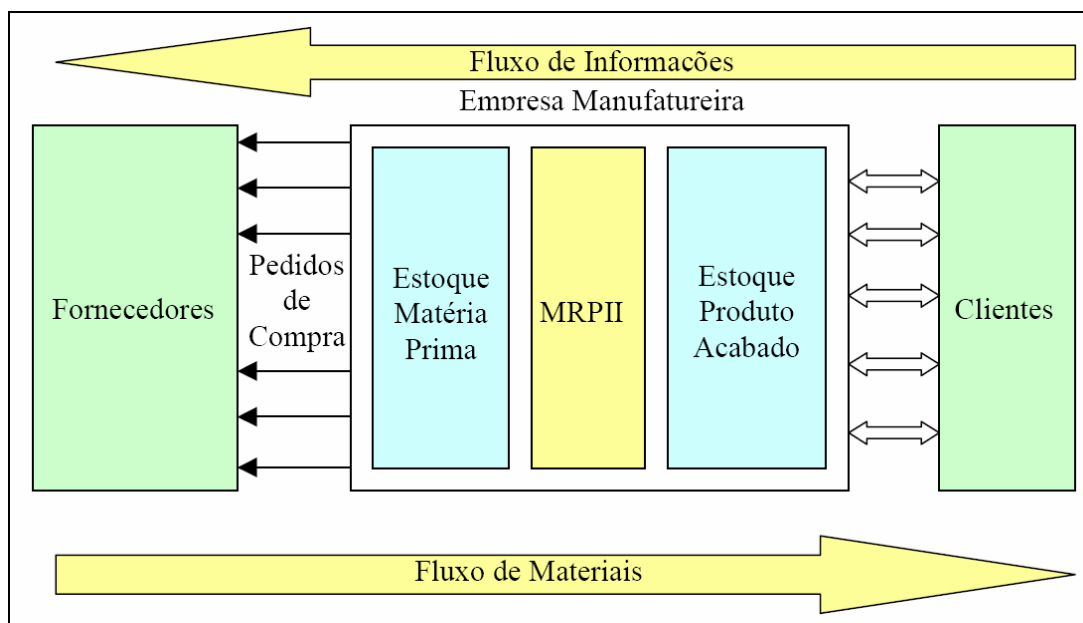


Figura 3 – Cadeia de suprimentos tradicional (Fonte: Santos *et al.*, 2007).

Assim como qualquer sistema MRP (*material requirement planning*) ou MRP-II (*manufacturing resource planning*), este modelo apresentado na Figura 3 é dimensionado com base nas expectativas de demanda do mercado, ou seja, as previsões de consumo dos clientes.

O MRP-II se utiliza então das informações das previsões de vendas para delinear o planejamento da produção, executando, de forma geral, as seguintes atividades:

- i. Realizar o cálculo dos materiais necessários e em que prazos, tomando como referência a estrutura de produto atualizada e o plano-mestre de produção;
- ii. Cruzar as quantidades calculadas com as informações dos estoques disponíveis;
- iii. Desconsiderar os materiais já empenhados para outras ordens de produção na fila;
- iv. Definir a quantidade final necessária e assegurar o planejamento de compras, de acordo com os *lead-times*, capacidade e lotes econômicos de produção indicados pelos fornecedores;
- v. Disparar os pedidos de compra para os fornecedores e monitorar o ciclo de fornecimento.

Santos *et al.* (2007) afirmam que este processo se comporta com base nas expectativas de que não só a previsão de vendas se efetive, mas também de que as flutuações da demanda sejam prontamente atendidas, visando minimizar as vendas perdidas pela falta momentânea de produtos.

Este comportamento contribui então para que, neste modelo, estejam presentes:

- Estoques de produtos acabados, de forma a atender as demandas repentinas e não programadas dos clientes;
- Estoques de materiais em processo;
- Estoques de matérias-primas e componentes comprados.

Por ser um modelo largamente utilizado há décadas, o MRP-II é uma ferramenta que, normalmente, já está incorporada nos ERPs das empresas, com *know-how* bastante difundido entre os profissionais de planejamento, programação e TI disponíveis no mercado, sendo relativamente fácil sua implementação nas companhias.

Entretanto, o algoritmo de processamento do MRP-II presume que todos os requisitos impostos pelo programador sejam realizáveis, independente do uso sequencial e da capacidade finita dos recursos de manufatura, dentre estes um recurso restritivo de capacidade (RRC).

Estas variáveis, associadas às falhas de fornecimento de matérias-primas (quantidades insuficientes e/ou prazos excedidos) provocam o aumento dos estoques e paradas sucessivas na produção, uma vez que toda a linha de produção será interrompida pela falta de um único componente, desperdiçando a eficiência do sistema com as freqüentes reprogramações, reabastecimentos e *set-ups* não planejados.

Do mesmo modo, este sistema não associa o encerramento dos pedidos de compras e a finalização das ordens de produção com a venda real do produto, pois os processos seguem os princípios do sistema “empurrado” (a ser descrito na seção 2.2.1.5).

Este processo contribui para os problemas de amplificação da demanda na cadeia de suprimentos, pois cada empresa incrementa uma margem de segurança no seu respectivo planejamento, provocando um excesso desnecessário de estoques ao longo

da cadeia (maiores informações sobre o SCM e o sistema puxado serão esclarecidos na seção 2.3.2).

A fim de proteger a produção contra as flutuações da demanda, o planejamento de suprimentos é feito com estimativas incrementadas de alguma segurança, tomando por certo que as previsões de consumo sofrerão oscilações. O resultado final será o comprometimento da visibilidade sobre as necessidades do que realmente está sendo demandado pelos clientes.

A adoção de margens de segurança estimula, então, a manutenção de estoques significativos de matérias-primas e itens comprados ao longo da cadeia, a fim de se prevenir contra as incertezas do mercado.

Este cenário afeta negativamente a clareza e precisão das informações acerca das reais necessidades de cada membro durante as negociações com seus respectivos fornecedores. Esta falta de visibilidade é transmitida através de toda a cadeia de suprimentos, gerando um efeito em cascata.

Lee *et al.* (1997), destacam que este fenômeno de sucessivas amplificações e reduções da demanda é conhecido como efeito chicote (*bullwhip effect*). Vários pesquisadores têm sugerido que as iniciativas de colaboração entre os membros das cadeias de suprimentos podem minimizar este fenômeno.

Em adição a isto, o MRP-II não tem correspondido, na prática, à necessidade de se programar considerando as restrições de capacidade e de materiais, posto, também, que o sistema “empurrado” presume que o realizável terá aderência ao planejamento determinístico do MRP.

Finalizando, na seção 2.2.1.5 e no capítulo 2.3 será esclarecido que há um conflito entre conciliar altas eficiências locais e baixos níveis de inventário ao mesmo tempo (CORBETT, 2007). Esta situação, normalmente presente no SCM, persiste devido às otimizações locais impostas pelo mundo dos custos (a ser abordado adiante), associadas às políticas de planejamento e controle de produção tradicionais, subordinadas aos sistemas empurrados (MRP e MRP-II).

### 2.1.2 O efeito chicote (*the bullwhip effect*)

Segundo Simchi-Levi *et al.* (2003), muitos fornecedores observaram, nos últimos anos, que os estoques aumentavam significativamente ao longo de suas cadeias de suprimentos, apesar da demanda dos clientes permanecer relativamente estável, sem flutuações com a mesma significância.

Santos *et al.* (2007) afirmam que, de forma natural, a tentativa de minimizar o impacto das flutuações dos processos provoca uma amplificação da demanda na direção inversa ao fluxo do consumo, conforme é apresentado na Figura 4.

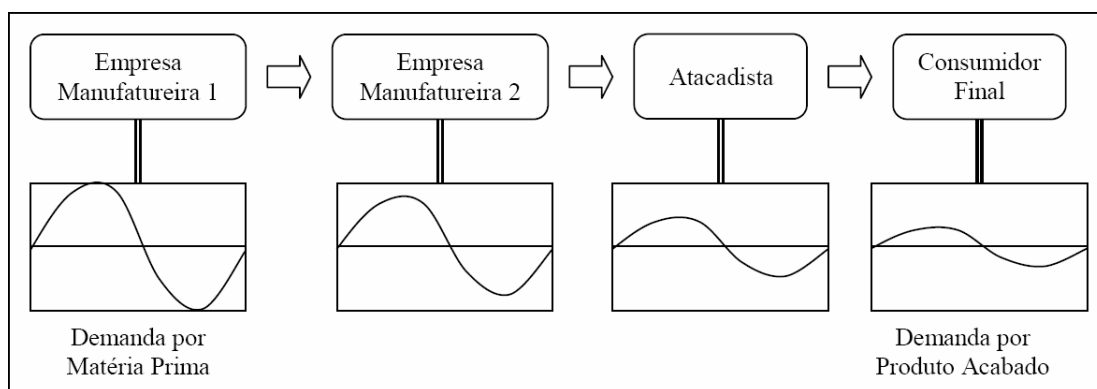


Figura 4 – Amplificação da demanda ou efeito chicote (Adaptado de Taylor, 2004)

Simchi-Levi *et al.* (2003) explicam que o atacadista recebe os pedidos do varejista (consumidor final) e os coloca para o seu fornecedor (a empresa manufatureira 2).

Se o atacadista não tiver informações sobre a demanda de seu cliente, e em função da variabilidade histórica dos pedidos anteriormente colocados por ele, o atacadista se vê forçado a alocar mais estoque de segurança do que o varejista realmente precisa, na intenção de satisfazer o nível de serviço em caso de um possível aumento da demanda. Este aumento da quantidade (segurança) é, portanto, adicionado aos pedidos a serem colocados para os seus fornecedores.

Como todos os parceiros se inserem no mesmo contexto, todos os predecessores na cadeia irão reagir da mesma maneira, incrementando seus estoques cada vez mais, até o início do sistema.

A origem do estudo sobre o comportamento da amplificação da demanda nas cadeias de suprimentos se deu no início dos anos 90, quando a companhia Procter & Gamble decidiu investigar as causas das flutuações nas demandas das matérias-primas utilizadas na fabricação de suas fraldas da marca Pampers (TAYLOR, 2004). A Procter & Gamble apelidou então este efeito de *bullwhip*, ou efeito chicote.

Dias (2003) destaca que o impacto negativo deste efeito resulta em um aumento sucessivo dos estoques de segurança no sentido predecessor da cadeia. Conseqüentemente, o nível dos serviços é prejudicado, justamente pelo aumento da complexidade logística causada ora pelo excesso de estoque não utilizado, ora pela falta de estoque.

Além disso, este aumento da complexidade consome o tempo que deveria estar direcionado para os itens realmente necessários, contribuindo para o crescimento da falta de produtos.

Para Simchi-Levi *et al.* (2003), é importante identificar técnicas e ferramentas que possibilitem controlar o efeito chicote, controlando o aumento da variabilidade ao longo das cadeias de suprimentos. Para este propósito, é necessário então compreender, segundo Lee, Padmanabhan e Whang (1997), as principais causas que contribuem para a ocorrência do efeito chicote, e como minimizá-las:

1. Processamento das variações na demanda: a ausência da visibilidade, tanto dos fornecedores quanto dos fabricantes, acerca do real consumo dos seus produtos, provoca a distorção da demanda, uma vez que o sistema empurrado trabalha com previsões acrescentadas de uma margem para cobrir uma suposta variação do consumo.

Para este caso, o compartilhamento das informações de consumo entre as empresas que atuam na cadeia de distribuição minimizará esta conseqüência. Contudo, os diferentes métodos de previsão, que são atualmente utilizados entre as empresas, não irão eliminar o efeito chicote, uma vez que os

processos de raciocínio e comportamento tradicionais levam a previsões constantemente defasadas da real necessidade do mercado;

2. Aprovisionamento (compras de prevenção à falta): no sistema empurrado (a ser abordado na seção 2.3.2), as empresas tendem a encomendar quantidades de insumos maiores do que a sua real necessidade, com o intuito de se proteger contra situações em que há falta de produtos.

O fabricante deve então compartilhar as informações acerca de seus estoques e do planejamento da produção, a fim de evitar pedidos distorcidos;

3. Formação de lotes de compra e de produção: se o fabricante não possui informações sobre o consumo de seus produtos, é recomendável promover a redução de custos fixos de pedidos, produção e transporte.

É recomendável, também, evitar a utilização de “períodos de revisão dos estoques”, posto que estes estimulam a formação de lotes, resultando em um fluxo intermitente (não-contínuo) de materiais;

4. Variações de preço: algumas políticas comerciais, baseadas em promoções através de variações de preços, geram picos de consumo que distorcem o fluxo contínuo de materiais.

A substituição destas políticas por outras estratégias de mercado, como por exemplo a prática de “preço baixo todo dia” (*every day low price*), ou a flexibilização da razão entre a compra e a entrega dos produtos, possibilitam dividir uma grande compra em várias entregas com quantidades menores, ao mesmo tempo favorecendo baixa amplitude nas variações dos estoques.

Conforme apontado por Santos *et al.* (2007), a amplificação da demanda (ou efeito chicote) e sua minimização tem sido objeto de muitos estudos científicos. O VMI (a ser discorrido na seção 2.4.1) é apontado por Lee, Padmanabhan e Whang (1997) como um dos principais vetores que atuam no sentido da redução do efeito chicote, e tem sido aplicado com sucesso neste sentido.



## 2.2 TEORIA DAS RESTRIÇÕES (*Theory of Constraints* - TOC)

Para Mabin e Balderstone (2003), a TOC é uma metodologia de aplicações multifuncionais, que tem sido progressivamente aperfeiçoada para auxiliar as pessoas e organizações, com ou sem fins lucrativos, a pensarem sobre os problemas e suas origens, desenvolvendo soluções inovadoras e implementando-as com sucesso.

Desenvolvida inicialmente pelo Dr. Eliyahu M. Goldratt, a TOC foi popularizada através dos romances:

- “A Meta” (Goldratt and Cox, 1992/2002): foco em manufatura e TPC;
- “A Síndrome do Palheiro” (Goldratt, 1992): foco em contabilidade de custos, contabilidade de ganhos e programação;
- “Não é sorte” (Goldratt, 1994/2004): foco em negociação e processos de raciocínio;
- “Corrente Crítica” (Goldratt, 1998): foco em gerenciamento de projetos;
- “Necessária sim, mas não suficiente” (Goldratt; Schragenheim; Ptak, 2000): foco em SCM e ERPs.

Watson, Blackstone e Gardner (2007) acrescentam também que, primariamente, a TOC surgiu em 1979, a partir da introdução do software de programação chamado *Optimized Production Timetables* (OPT), que com o seu aperfeiçoamento e difusão passou a ser denominado *Optimum Production Technology*.

Desde então, com a evolução e o amadurecimento em termos de propostas para programação de produção, Souza (2005) pondera que a TOC não pode mais, portanto, ser atualmente vista como sinônimo do método proposto no OPT. Em seu lugar, a abordagem tambor-pulmão-corda (TPC) é hoje a principal metodologia voltada para o planejamento e controle da produção segundo a TOC.

Para que a proposta deste trabalho seja compreendida, faz-se necessário apresentar, com um pouco mais de detalhes, os preceitos da TOC, os quais são apresentados na sequência.

### 2.2.1 Fundamentos da TOC

A TOC é uma metodologia de gestão que pode ser aplicada em sistemas voltados para gestão de manufatura, gestão de operações, gerenciamento de projetos, *marketing*, estratégia e gestão da cadeia de suprimentos.

Conforme proposto pelos processos de raciocínio da TOC, o planejamento, a execução e o controle do sistema são realizados através do gerenciamento das restrições, baseando-se no pressuposto de que se deve atuar na origem (causa-raiz) da restrição, a qual impede o sistema de alcançar sua principal meta. A meta pode ser compreendida como a maximização dos ganhos e da rentabilidade do sistema como um todo.

Adicionalmente, os processos de raciocínio devem auxiliar na “identificação e criação de soluções ganha-ganha entre as entidades do sistema” (COX III *et al.*, 1995, p.85).

Para a compreensão desta filosofia de gestão, faz-se necessário então abordar, conceitualmente, os fundamentos da TOC, que compreendem:

- O conceito de restrição;
- O processo de melhoria contínua através da focalização em 5 etapas;
- Os conceitos de tambor, pulmões e corda, e como proteger o tambor através da programação TPC e do gerenciamento dos pulmões;
- Os processos de raciocínio da TOC;
- Os paradigmas que embasam as tomadas de decisão sob os pontos de vista da contabilidade de custos, em detrimento da contabilidade de ganhos.

#### 2.2.1.1 O conceito de restrição

“A Restrição é qualquer elemento ou fator que impede que um sistema conquiste um nível melhor de desempenho no que diz respeito a sua meta. As restrições podem ser físicas, como por exemplo, um equipamento ou a falta de material, mas elas podem ser também de ordem gerencial, como procedimentos, políticas e normas” (COX III *et al.*, 1995, p.15).

De forma semelhante, Watson *et al.* (2007) acrescentam que as restrições podem se apresentar em três naturezas: física (capacidade de algum recurso menor do que a demanda), de mercado (demanda menor do que a capacidade de um recurso restritivo), e políticas (regras formais e informais que limitam a capacidade produtiva do sistema). Dentre as restrições físicas, apresentam-se, como exemplos, um equipamento restritivo de capacidade ou a falta de insumos e matéria-prima. Dentre exemplos de restrições políticas, podem-se relacionar condutas administrativas institucionalizadas de ordem processual, cultural e corporativa.

Analogamente, o núcleo da TOC consiste em compreender a existência de restrições no sistema, conforme destaca Corbett (1997), quando afirma que todo sistema possui ao menos uma restrição, pois se não houvesse algo que limitasse o desempenho do sistema, seu rendimento seria infinito. Se uma empresa não possuísse uma restrição, seu lucro seria infinito.

Para Rahman (2002), identificar a restrição significa então discernir e reconhecer os elementos que limitam o desempenho do sistema. Estas restrições não compreendem somente as limitações de capacidade físicas, podendo também estar situadas na administração, no mercado, ou até instituídas na política empresarial da organização.

Em complemento a isto, Rahman (1998) ainda considera que, sob o ponto de vista de capacidade de um sistema, a restrição está sempre em algum recurso dentro deste, que aqui pode ser entendido como qualquer elemento necessário à produção de um produto ou serviço, como, por exemplo, pessoas, máquinas, equipamentos, dispositivos, *lay outs*, etc.

Para Csillag e Corbett (1998), é importante também o discernimento entre recursos gargalos e não-gargalos. Se o recurso gargalo é aquele que fica ocupado durante todo o tempo, existe então uma enorme diferença entre eles, pois uma hora perdida em um gargalo com restrição de capacidade equivale à uma hora perdida em todo o *output* sistema, posto que sua utilização não contempla folgas e, sendo assim, esta hora perdida jamais será recuperada. Por outro lado, uma hora ganha em um recurso ocioso ou não restritivo é desprezível, não passando apenas de um engano.

Por outro lado, para Rahman (1998), é particularmente importante a percepção de que a existência de restrições representa oportunidades de melhorias. Sob esta perspectiva, a TOC visualiza as restrições positivamente, e não negativamente (ao contrário dos modelos convencionais de administração), justamente por uma restrição determinar (limitar) o desempenho de um sistema. Elevando gradualmente a capacidade da restrição, o desempenho global do sistema também será progressivamente aumentado.

#### 2.2.1.2 O processo de focalização em 5 etapas (melhoria contínua)

De acordo com Rahman (2002), o método de focalização em 5 etapas (Figura 5) é uma técnica que permite facilmente compreender o ambiente e planejar o processo de implantação e retro-alimentação da TOC.

As cinco etapas do método de melhoramento contínuo utilizada pela TOC são brevemente explicadas a seguir:

- 1ª. Etapa: identificar a restrição do sistema, onde o recurso de menor capacidade define a capacidade máxima de todo o sistema. Em outras palavras, significa que alimentar a restrição com menos implica em perda de oportunidade e/ou vendas, e alimentá-la com mais não resulta em maior saída;
- 2ª. Etapa: decidir como explorar a restrição do sistema. Ou seja, para maximizar o desempenho de todo o sistema, é necessário, portanto, tirar o máximo proveito possível do recurso que o restringe;
- 3ª Etapa: subordinar todo o sistema ao que foi decidido na 2ª etapa;
- 4ª Etapa: elevar a restrição do sistema;
- 5ª Etapa: “Voltar a 1ª etapa se a restrição for eliminada em algum passo anterior, e não permitir que a inércia atue neste processo” (COX III *et al.*, 1995, p.31).



Figura 5 – O método de focalização em 5 etapas (Fonte: Rahman, 2002).

De acordo com Umble & Umble (1998), **sendo o processo de focalização em 5 etapas um dos principais pontos de partida para compreensão e implementação da TOC**, é essencial o **aprofundamento em seus conceitos**, apresentados na sequência:

- Passo 1: identificar a restrição do sistema:

Segundo Siha (1999), a idéia fundamental da TOC é que as restrições, por definição, limitam o desempenho (ganho) de qualquer sistema. O desempenho máximo pode então ser atingido e mantido somente se todo o sistema for orientado contra o desperdício nestas restrições.

Quando o reconhecimento das limitações do sistema é conduzido apropriadamente com o auxílio dos processos de raciocínio da TOC (a ser abordado na seção 2.2.1.4), é comum constatar o pressuposto da TOC de que há poucas ou uma única causa-raiz que explicam as várias limitações de um sistema. Aceita esta suposição, o foco das soluções, normalmente aplicadas sobre os sintomas do sistema, se direcionam para as ações sobre as causas comuns destes mesmos distúrbios (WATSON *et al.*, 2007).

- Passo 2: explorar a restrição do sistema:

Para Rahman (2002), se a restrição é física, ela deve ser aproveitada, ao máximo, no estado em que se encontra, se possível, mantendo-a em uso

ininterrupto, pois 1 hora desperdiçada na restrição significa 1 hora (irrecuperável) perdida no *output* do sistema.

Já para uma restrição de ordem gerencial ou política, não há como explorá-la, devendo esta ser eliminada e substituída por uma política que contribua para o aumento do ganho no sistema (RAHMAN, 2002). Estas restrições, seja de ordem cultural, seja de cumprimento de diretrizes políticas de negócios da empresa, devem ser mapeadas e redefinidas em direção a uma política holística de ganhos.

Os processos de raciocínio da TOC auxiliam na compreensão dos motivos que contribuem para a existência de políticas restritivas das organizações, cuja causa-raiz, normalmente, tem origem em um conflito interno.

- Passo 3: subordinar todo o sistema ao que foi decidido na etapa 2 (subordinar todo o sistema à restrição):

Isto significa que todos os recursos devem ser ajustados para processar não mais do que o máximo desempenho da restrição (RAHMAN, 2002). Desta forma, como os elementos possuem mais capacidade que o recurso restritivo de capacidade (RRC), a subordinação dos mesmos à capacidade comprometida pela restrição impedirá o acúmulo de *work in process* (WIP).

A grande dificuldade em se exercitar este passo é ir contra o paradigma do mundo dos custos, cuja perspectiva preconiza que recursos e pessoas parcialmente ociosas são sinônimos de prejuízo, pois deveriam estar “produzindo receitas”. Este aspecto será melhor explicado na seção 2.2.1.5, no qual serão abordados os custos *versus* os ganhos.

- Passo 4: elevar a restrição do sistema:

Se existe um RRC no processo, e o melhor desempenho (*output*) do sistema equivale à maior produtividade possível neste recurso, deve-se incrementar a capacidade deste RRC, a fim de aumentar o ganho do sistema (WATSON *et al.*, 2007).

Caso a restrição seja uma demanda limitada pelo mercado, incentivar a expansão para novas localidades e/ou clientes, o que, conseqüentemente, poderá aumentar a carteira de pedidos.

- Passo 5: se em um dos passos anteriores uma restrição for quebrada, voltar para a etapa 1. Mas não se deve permitir que a inércia se torne uma restrição no sistema:

Para Rahman (1998), não exercitar o passo cinco poderá levar a empresa à estagnação, diminuindo a capacidade de reação contra as ameaças de novos cenários.

Contudo, a chance de incorrer neste risco não é desprezível, posto que todas as premissas e procedimentos estabelecidos nos passos 2 e 3 foram baseados na restrição anterior. Muitas dessas premissas não serão então mais válidas para a nova restrição mapeada. Neste caso, todas as diretrizes devem então ser reavaliadas e mudadas.

Este procedimento de transformação é, geralmente, de difícil realização, principalmente devido à inércia comportamental contra mudanças opostas ao *modus operandi* estabelecido.

#### 2.2.1.3 A programação Tambor-Pulmão-Corda (TPC)

Conforme visto no capítulo 2.2, o método de programação TPC evoluiu e se instituiu a partir da difusão e do aprimoramento do OPT (SOUZA, 2005), de modo que, gradualmente, o foco deste método se transpôs do chão de fábrica para abordar vários aspectos empresariais (RAHMAN, 1998).

Watson *et al.* (2007) destacam que, congruentemente com o passo 1 do processo de focalização em 5 etapas, a identificação do tambor (ou a restrição mais significativa) é condição necessária para a implementação do sistema TPC. Para Perez (1997), o TPC é delineado para fazer uso de restrições físicas ou de mercado, que uma vez identificadas, tem como meta de programação a convergência em sincronizar a produção com as necessidades dos clientes. O TPC sincroniza a utilização de recursos

e materiais dentro da organização. Rahman (1998) acrescenta que os recursos e materiais são utilizados somente em um nível suficiente para contribuir com a capacidade da organização em alcançar o ganho.

Este método de programação é de simples compreensão quando se esclarece o significado de cada um dos elementos que o compõem o seu nome:

- Tambor:

O Tambor é o recurso mais sensível do sistema, podendo também ser conceituado como sua principal restrição. As suas principais características são as seguintes:

- é o recurso restritivo de capacidade (RRC);
- é o recurso estratégico, o mais difícil de ser aumentado;
- é a entidade pela qual todo o fluxo do sistema converge por ele;
- é o elo mais frágil do sistema.

Conseqüentemente, “o Tambor marca o ritmo de produção determinado pela restrição do sistema” (COX III *et al.*, 1995, p. 25). Uma vez determinado ou eleito conforme as três características acima, ele sofre um processo de desconflito entre suas atividades, de acordo com a ordem de importância ou priorização dos vários objetivos do sistema, limitado por sua capacidade em realizá-las.

A denominação é proveniente da analogia com as marchas militares, cuja cadência é ditada pelo som do tambor.

Este conceito fica muito claro no romance “A Meta”, de Goldratt (2002). O protagonista da história leva um grupo de escoteiros para uma caminhada, em fila indiana, com o objetivo de chegarem juntos a um determinado lugar antes do pôr do sol. Durante o trajeto, percebe que os mais lentos começam a ficar para trás, segurando os que estão imediatamente atrás. A fila tendia a se alongar, obrigando o escoteiro responsável a, periodicamente, paralisar a caminhada para reagrupá-los. O problema foi resolvido, quando o escoteiro responsável resolveu colocar o escoteiro mais lento a frente do grupo, ditando um ritmo de marcha que podia ser acompanhado por todos.



Este e outros exemplos lúdicos acerca desta analogia estão ilustrados na Figura 6.



Figura 6 – Analogia entre as marchas militares e a subordinação do sistema ao seu RRC (Adaptado de Goldratt e Fox, 1992).

Enfim, o tambor é o compasso que a restrição produz (RAHMAN, 1998), determinando o ritmo total da produção (WATSON *et al.*, 2007), alinhando o sistema com o terceiro passo do processo de focalização em 5 etapas (subordinar todo o processo ao ritmo imposto pelo seu RRC).

- Pulmão:

De acordo com Goldratt (1997), o Conceito dos Pulmões consiste em extrair parte da segurança em excesso existente no processo (estimativas de tempo ou materiais) e inseri-las em locais estratégicos da programação, para proteger o sistema “contra incertezas, permitindo ao mesmo poder maximizar e sustentar o ganho e/ou o desempenho dos prazos de entrega (COX III *et al.*, 1995, p.10 e 25)”.

Para Watson *et al.* (2007), os pulmões no RRC e nos pontos de convergência são necessários para suportar o segundo passo do processo de focalização em cinco etapas (explorar a restrição).

Os pulmões são utilizados para garantir a utilização ininterrupta do RRC e dos processos sucessores, através dos estoques de segurança que protegem tanto o tambor quanto as montagens posteriores a ele, resguardando a capacidade do sistema em atender à programação.

Os pulmões são apresentados, fisicamente, como produtos acabados ou estoques de material-em-processo (*work-in-process* – WIP). No entanto, a lógica do emprego dos pulmões está em observá-los sob a ótica do tempo. Por isto, eles também são denominados como *time-buffers* (RAHMAN, 1998).

Estes “pulmões de tempo” contêm estoques que protegem a programação do RRC contra os efeitos das interrupções nos recursos não-restritivos.

Há três tipos de pulmões, definidos abaixo por Schragenheim e Dettmer (2000):

- *Shipping Buffer* - pulmão de expedição (ou de mercado): é a estimativa do tempo de transferência entre a manufatura a partir do RRC até a conclusão da produção.

No caso da capacidade de produção do sistema ser maior do que a demanda, é considerado o lead-time a partir da entrada de insumos no início do processo.

A Figura 7 ilustra os “pulmões de tempo” de expedição, de acordo com a localização do RRC.

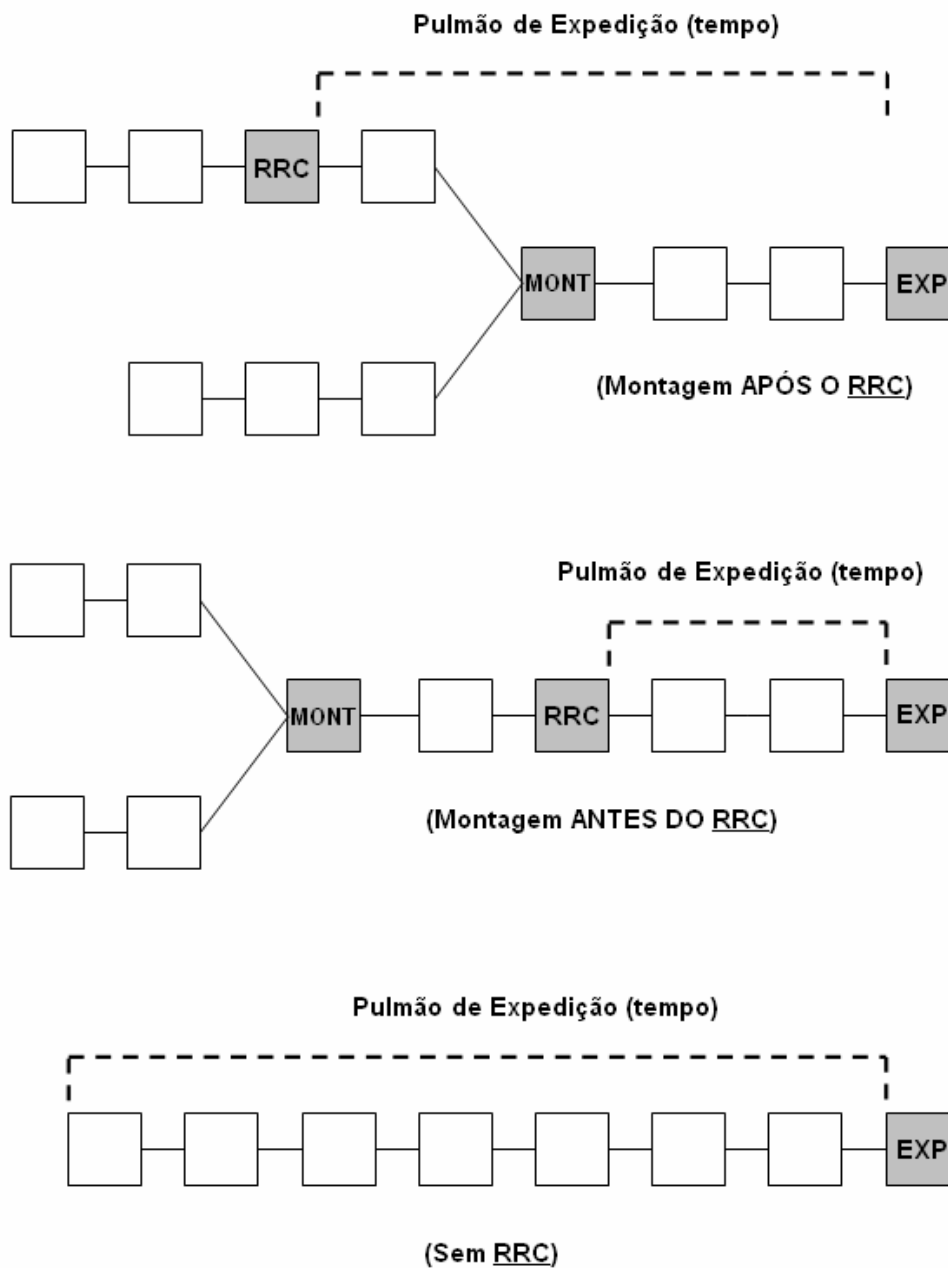


Figura 7 – O pulmão de expedição (Fonte: Schragenheim; Dettmer, 2000).

O pulmão de expedição mantém uma pequena quantidade de estoque de produtos acabados para proteger as datas de entrega, bem como aumentar a responsividade à demanda de mercado, justamente por permitir ao sistema entregar um item em um prazo menor do que o *lead time* de manufatura (WATSON *et al.*, 2007).

- *Drum Buffer* – pulmão do RRC (ou do tambor): é a estimativa do tempo de transferência a partir da entrada de materiais na linha de manufatura até o posto do RRC.

O pulmão do tambor inclui todo o tempo necessário para movimentação da matéria-prima para o ponto imediatamente à frente do RRC, aguardando para ser processado.

A Figura 8 ilustra os “pulmões de tempo” do tambor, de acordo com a localização do RRC.

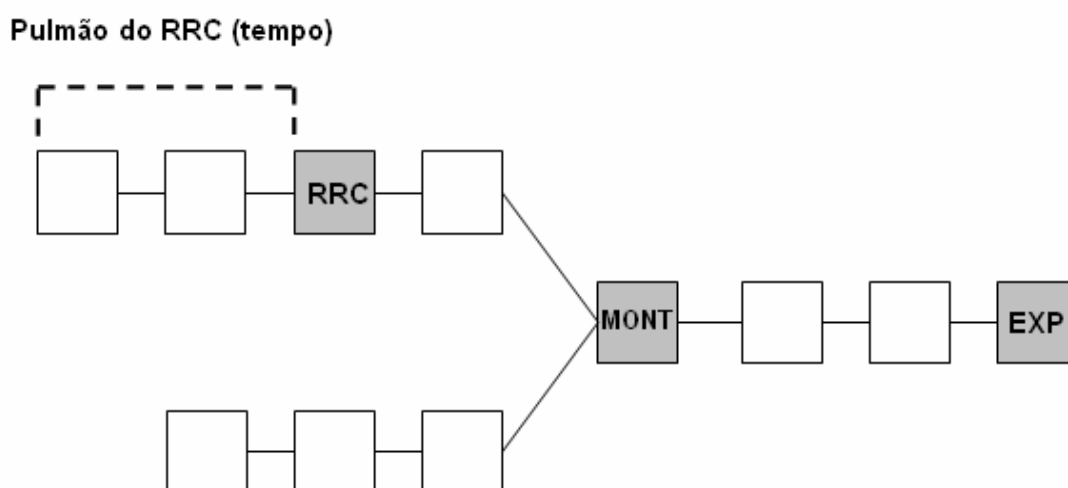


Figura 8 – O pulmão do RRC (Fonte: Schragenheim; Dettmer, 2000).

A quantidade de *work-in-process* no sistema é a representação física da quantidade de proteção alocada para um RRC, do mesmo modo dimensionada em relação ao tempo (WATSON *et al.*, 2007).

- *Assembly Buffer* – pulmão de montagem (ou de convergência): é a estimativa do tempo de transferência a partir da entrada de materiais na linha de manufatura até o ponto de convergência, onde os subconjuntos provenientes do RRC e de todos os outros produtos semi-acabados que não passam pelo RRC serão combinados.

A Figura 9 ilustra os “pulmões de tempo” de montagem, de acordo com a convergência com o fluxo do RRC.

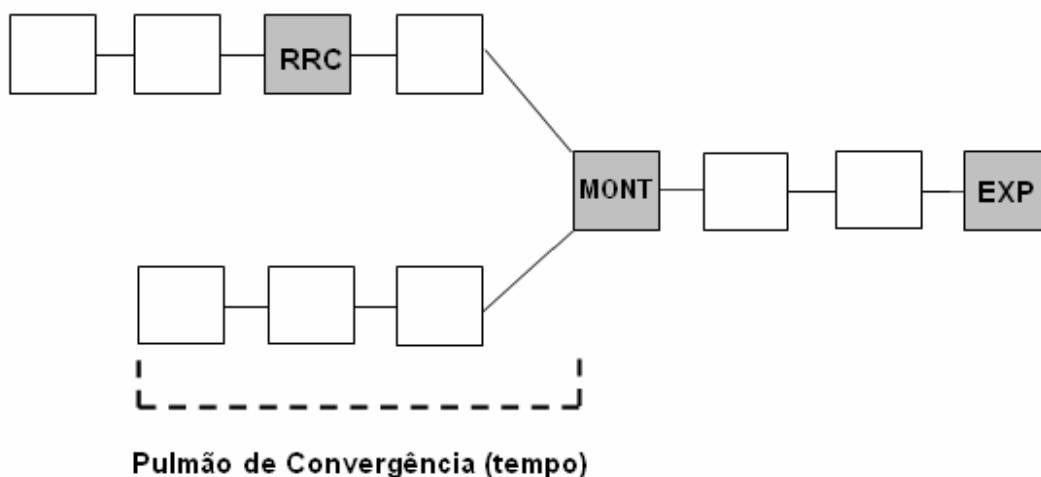


Figura 9 – O pulmão de convergência (Fonte: Schragenheim; Dettmer, 2000).

Enfim, de forma geral, os pulmões estabelecem as proteções contra os atrasos nos pontos de confluência.

O controle do fluxo do sistema deixa de ser feito pelos estoques e passa a ser feito através do Gerenciamento dos Pulmões, cujo consumo é monitorado pela rastreabilidade sobre a cadeia de atividades predecessoras ao pulmão consumido, “ajudando a evitar a ociosidade na restrição e o atraso nas entregas dos clientes” (COX III *et al.*, 1995, p.10).

A Figura 10 representa, esquematicamente, a disposição física de todos os três pulmões utilizados no TPC, onde o tambor está retratado de forma esquemática pelo RRC.

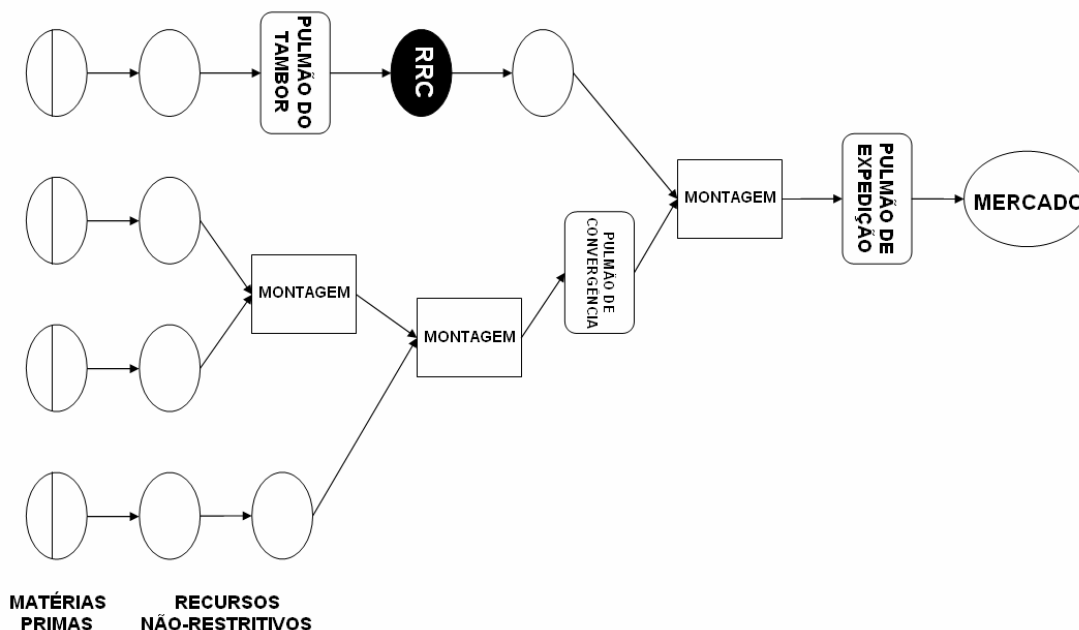


Figura 10 – Alocação dos pulmões do RRC, de convergência e de expedição em uma linha de manufatura, de acordo com o método de programação TPC (Fonte: Rahman, 1998).

Os pulmões fornecem importantes informações a respeito da variabilidade da demanda nos vários pontos da cadeia de suprimentos. O acompanhamento de seu consumo permite uma melhor visualização dos locais onde os controles de materiais precisam ser feitos com mais atenção e dos pontos onde a reposição é mais necessária.

- Corda

Assim como o tambor, Watson *et al.* (2007) explicam que, consistentemente com o terceiro passo do processo de focalização em 5 etapas, a corda é o mecanismo que subordina o desempenho dos recursos não-restritivos à capacidade de produção do RRC (tambor). Isto é possível através do controle do fluxo de entrada de insumos para o sistema produtivo, baseado na razão de consumo e de processamento pelo RRC.

Conforme abordado anteriormente, o pulmão se traduz em tempo de transferência a partir da entrada de materiais até o ponto de controle no RRC e na convergência. Deste modo, o “comprimento” da corda é equivalente a quantidade de estoque (ou tempo) armazenado nos pulmões e nas cadeias predecessoras aos

mesmos (incluindo os estoques de matérias-primas). Esta quantia deve ser suficiente para se proteger o RRC e o respectivo sistema contra interrupções e eventos indesejados.

Em resumo, conforme explica Rahman (2002), a corda proporciona a comunicação entre os pontos críticos de controle, a fim de assegurar a sincronia do fluxo de materiais com a produção, colaborando para minimizar os efeitos das variações dos diversos setores produtivos, de forma a manter constantes os níveis dos estoques ao longo dos processos (WATSON *et al.*, 2007). Propicia-se, deste modo, o curso contínuo do sistema, dentro das possibilidades.

Interessante, também, denotar que, para Hopp e Spearman<sup>1</sup> (2000 *apud* Watson *et al.*, 2007, p.392), dada a relevância em todo o fluxo predecessor para se proteger a restrição, a quantidade de inventário nas atividades sucessoras ao RRC acabam por se tornar, praticamente, pouco significativas, pois, em caso de interrupção, em teoria, há capacidade de recuperação.

A Figura 11 complementa a Figura 8, onde a representação da corda (ou das “cordas”) denota como funciona a comunicação para, no momento apropriado, disparar a entrada de matéria-prima no sistema, a fim de garantir um fluxo sempre contínuo de acordo com a demanda de mercado (através do *shipping buffer*) e subordinação ao RRC.

---

<sup>1</sup> HOPP, W.J.; SPEARMAN, M.L. **Factory physics: foundations of manufacturing management**. New York: McGraw-Hill Higher Education, 2000 *apud* WATSON, K. J.; BLACKSTONE, J. H. Jr.; GARDINER, S. C. The evolution of a management philosophy: the theory of constraints. **Journal of Operations Management**, n.25, p.387-402, 2007.

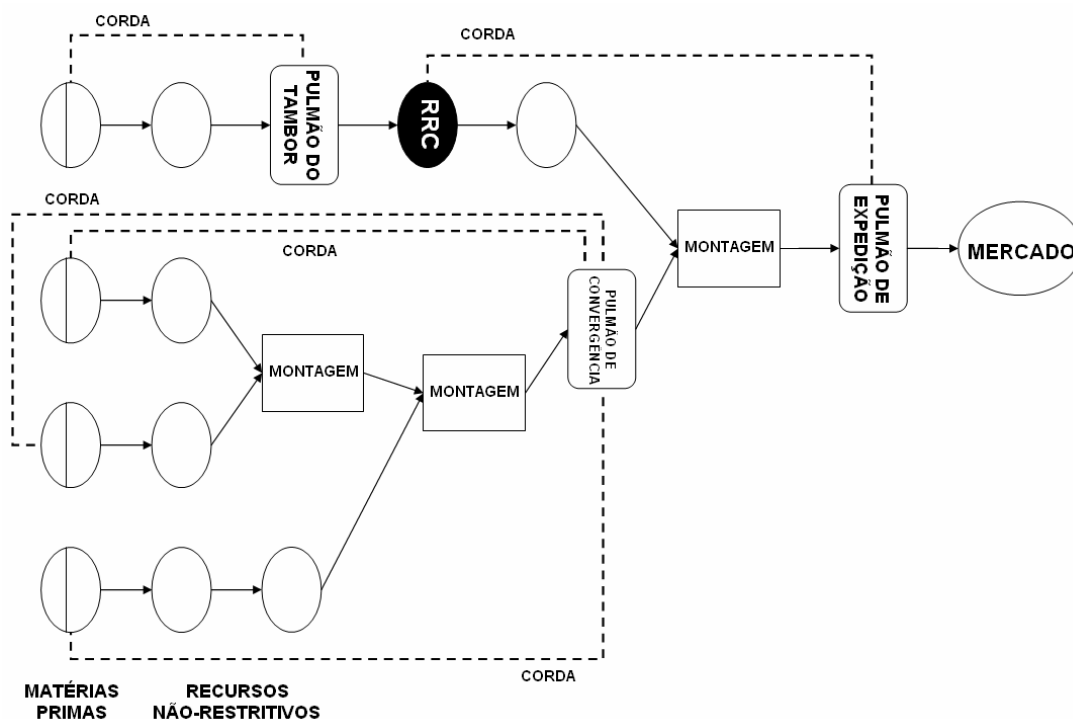


Figura 11 – Lógica da programação Tambor-Pulmão-Corda (TPC) (Adaptado de Rahman, 1998; Watson *et al.*, 2007).

Finalmente, a lógica que rege o método TPC pode ser resumida da seguinte maneira:

- Primeiro: todo o fluxo da cadeia se subordina ao tambor;
- Segundo: proteger o tambor contra os atrasos, através das inserções dos pulmões em pontos estratégicos no fluxo no sistema;
- Terceiro: através do controle dos níveis dos pulmões, atuar ou interferir em todas as cadeias de atividades que precedem o tambor, visando manter o fluxo contínuo.

Como resultado, as entregas serão entregues no prazo, caso as atividades do tambor não atrasem. O grande benefício obtido é a visualização, com antecedência, se haverá atrasos nas atividades do RRC e, conseqüentemente, nas entregas planejadas.



#### 2.2.1.4 Os processos de raciocínio da TOC

Os Processos de Raciocínio da TOC são ferramentas baseadas na lógica, que se utilizam de relacionamentos de causa e efeito para determinar as causas-raiz que provocam os efeitos indesejáveis observados em um sistema (CSILLAG; CORBETT, 1998).

Estas ferramentas ajudam na compreensão das relações entre (BRASIL<sup>2</sup>, 2007):

- Os processos de gestão clássicos;
- As políticas e os valores institucionais da empresa;
- Os paradigmas tradicionais;
- A visão e os conceitos estratégicos de negócios baseados em doutrinas obsoletas e modismos empresariais.

Conseguindo-se correlacionar o não atingimento das metas de negócio da companhia com a influência das relações acima citadas, pode-se decidir pelo uso das ferramentas baseadas nos processos de raciocínio da TOC, a fim de orientar um redirecionamento estratégico e servir de apoio para a implementação de um novo planejamento.

Para atingir este propósito, é necessário, primeiro, que a alta administração e todos os envolvidos nesta transformação iniciem o processo de mudança a partir do nível hierárquico mais alto do planejamento estratégico, explorando as seguintes questões: o que mudar, para que mudar, e como promover e conduzir a mudança.

- **O que mudar?**

Csillag e Corbett (1998) explicam que, nesta fase, deve-se proceder ao diagnóstico do problema-raiz do processo, baseado no pressuposto de que há poucas causas comuns que explicam os muitos efeitos de um sistema. A compreensão da importância desta etapa está na conscientização de que não são os sintomas do sistema que devem ser atacados, mas sim as suas causas comuns.

---

<sup>2</sup> BRASIL, A. V. N. **A Aplicação da Teoria das Restrições nas Negociações Empresariais e Relações Humanas**. Treinamento – PH-Brasil Consultoria, 2007.

A árvore da realidade atual (ARA) é a ferramenta mais empregada para proceder a este diagnóstico, pela qual todos os sintomas são expostos e conectados às suas origens (CSILLAG; CORBETT, 1998), e às origens de suas origens, através do emprego lógico de diagramas de causa-e-efeito, em que as interligações normalmente terminam em um único ou em muito poucos problemas-raiz responsáveis por todos estes sintomas.

O pensamento criterioso para se responder a esta questão no SCM está contemplado na seção 2.3.1. Uma vez detectado o problema central, procede-se, então, à próxima etapa: para o que mudar (RAHMAN, 2002).

- **Para o que mudar?**

O que está por trás do principal problema do sistema (ou principal restrição), detectado por meio da primeira fase dos processos de raciocínio? Para Rahman (2002), esta segunda fase consiste, basicamente, em se explorar uma caminho viável para a solução do principal problema-raiz.

Para Csillag e Corbett (1998), a maioria das restrições são causadas por um conflito, normalmente não-explicito, e encontrar uma saída para este conflito é, então, o primeiro passo para se responder a esta segunda questão.

Para a emersão e elucidação destes conflitos ocultos, principais motivadores dos problemas sensíveis detectados na primeira fase, primeiramente, emprega-se o diagrama de dispersão de conflitos (ou nuvem), o qual se utiliza do discernimento lógico como meio para “evaporação” destas divergências, ajudando a decidir qual pressuposto primário será anulado.

Na sequência, a árvore de realidade futura (ARF) se complementa à estratégia de montagem da solução, na qual identificam-se os possíveis efeitos colaterais das soluções que estão sendo elaboradas (CSILLAG; CORBETT, 1998), antecipando-se e obstruindo, desta forma, os possíveis distúrbios que venham a colocar em risco o processo de transição.

No item 2.3.2, vários diagramas de dispersão de conflito serão utilizados para demonstrar, na prática, como revelar e anular os principais

dilemas que provocam divergências entre os objetivos do negócio e as decisões gerenciais a serem tomadas, ajudando na focalização das ações sobre os reais motivos que comprometem a maximização dos negócios em uma cadeia de suprimentos.

- **Como promover a mudança?**

Uma vez diagnosticado o problema-raiz e delineada a estratégia, a questão é: como implementar a solução de forma planejada e, ao mesmo tempo, promover o processo de transição da maneira mais harmônica possível?

Nesta fase, segundo Csillag e Corbett (1998), aplica-se o processo lógico da árvore de pré-requisitos (APR) (ou de objetivos intermediários), na qual são construídos e seqüenciados, racionalmente, os passos necessários para implementar a ARF, delineada na segunda fase.

Por último, a árvore de transição (AT) é a ferramenta pela qual são identificadas as ações necessárias e suficientes para alcançar os objetivos intermediários mapeados na APR, com o objetivo de viabilizar a implementação da ARF, direcionando estas ações através de uma seqüência coerente e racional (CSILLAG; CORBETT, 1998).

Para sumarizar este tópico, a Tabela 1 expõe as três questões lógicas que norteiam os processos de raciocínio da TOC, relacionando-as com as respectivas ferramentas.

Tabela 1 – Ferramentas dos processos de raciocínio da TOC e suas aplicações (Fonte: Rahman, 2002).

Questões Gerais	Propósito	Ferramentas dos Processos de Raciocínio
O que mudar?	Identificar problemas-raiz	Árvore da Realidade Atual
Para o que mudar?	Desenvolver soluções simples e práticas	Diagrama de Dispersão do Conflito, Árvore da Realidade Futura
Como promover a mudança?	Implementar as soluções	Árvore de Pré-requisitos, Árvore de Transição

Finalizando, o processo lógico apresentado neste capítulo é condição necessária para a melhor compreensão da aplicação dos processos de raciocínio da TOC no SCM, tendo também sido parcialmente empregado nas seções 2.3.1, 2.3.5, 2.3.6, 2.3.7 e 2.3.8 para este fim.

#### 2.2.1.5 O mundo dos custos e o mundo dos ganhos

Quais são as medidas que, segundo a TOC, podem ajudar a organização a caminhar em direção à sua meta? Onde estão os pontos de alavancagem para aumentar os lucros? Para responder a estas questões, é necessário discorrer sobre quais são os padrões de desempenho realmente relevantes para o negócio, de acordo com os valores da gestão voltada para os ganhos.

Para vários autores (CSILLAG; CORBETT, 1998; KENDALL, 2007; RAHMAN, 1998 e 2002; BLACKSTONE, 2001; WATSON *et al.*, 2007; SOUZA *et al.*, 2004), sob o ponto de vista da TOC, as medidas de desempenho que auxiliam as empresas na tomada de decisões visando ao aumento dos lucros são o ganho (G), o investimento (I) e a despesa operacional (DO) (contudo, é particularmente importante frisar que estes mesmos indicadores possuem relevâncias diferentes se abordados segundo o ponto de vista da contabilidade de custos):

- **Ganho (G):** é o índice pelo qual o sistema gera dinheiro através das vendas (CSILLAG; CORBETT, 1998). De forma geral, é calculado como todo o

dinheiro que entra na empresa menos o que ela pagou a seus fornecedores (CORBETT, 1997).

- **Investimento (I):** equivale a todo o dinheiro que o sistema investe na compra de insumos que pretende transformar para vender (CSILLAG; CORBETT, 1998). Corresponde a todo o dinheiro investido pelo sistema nas coisas que pretende vender (CORBETT, 1997), ou todo investimento feito para virar dinheiro (BRASIL<sup>3</sup>, 2007).

É dividido em duas categorias: estoques de materiais (matéria-prima, WIP e produtos acabados) e outros ativos (máquinas, imóveis, instalações, computadores, veículos, etc.).

A significância, neste caso, é que os valores atribuídos aos estoques em processo e em produtos acabados são considerados iguais ao que aqui se designa custo totalmente variável (CTV) (CORBETT, 1997). Ou seja, de forma geral, o CTV equivale a toda a matéria-prima debitada do estoque que entra no processo produtivo para ser transformada em produto (BRASIL<sup>4</sup>, 2007), pressupondo a constância dos ativos. É o montante despendido para cada unidade a mais produzida (CORBETT, 1997).

Para a TOC, não são contemplados no CTV os valores de mão-de-obra direta e dos recursos utilizados para transformação, movimentação e armazenagem (CORBETT, 1997).

- **Despesa operacional (DO):** é todo o dinheiro que a empresa gasta transformando o investimento em ganho, contemplando genericamente a folha de pagamentos, despesas em geral, impostos, energia, aluguéis, depreciações, encargos sociais, etc. É todo o dinheiro que deve ser empregado no sistema para processar ou transformar os insumos em produtos finais (CORBETT, 1997; CSILLAG; CORBETT, 1998).

É através destas três medidas (G, I e DO) que teremos condições de avaliar o impacto de uma decisão nos resultados finais da empresa.

---

<sup>3;4</sup> BRASIL, A. V. N. **A Aplicação da Teoria das Restrições nas Negociações Empresariais e Relações Humanas**. Treinamento – PH-Brasil Consultoria, 2007.

Para Csillag e Corbett (1998), cada medida nada indica por si, porém a associação delas em pares mostram diferentes relevâncias do sistema. Como prova disto, é necessário compreender o seu uso através das seguintes fórmulas, sob o ponto de vista do resultado que cada produto agrega ao sistema como um todo:

- **Ganho (G):**  $G = \text{total de produtos vendidos} \times (\text{preço unitário de venda} - \text{CTV})$
- **Lucro líquido (LL):**  $LL = G - DO$
- **Retorno sobre o investimento (RSI):**  $RSI = LL/I = (G-DO)/(\text{inventário} + \text{investimentos})$ , onde I é o investimento total

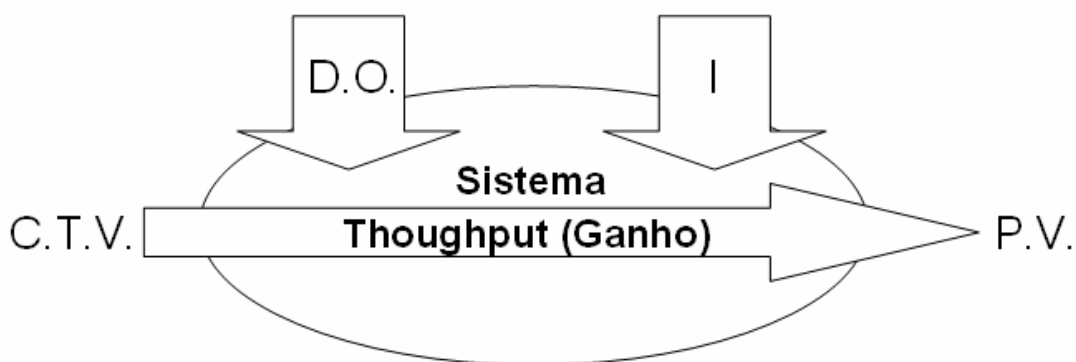


Figura 12 – Representação da importância do G-I-DO para o mundo dos ganhos.

Se  $LL=G-DO$  e  $RSI=(G-DO)/I$ , a primeira impressão é a de que o ganho e as despesas operacionais possuem igual importância, pressupondo que o investimento tenha menor relevância. Sob esta perspectiva, segundo o **mundo dos custos**, a ordem de relevância é a seguinte: em primeiro lugar vem a **DO** (mais tangível e controlável), em segundo o **G** e em terceiro o **I**.

Pela ótica da margem individual de cada bem produzido, e pressupondo constantes os preços dos insumos, o impacto destes princípios pode ser exprimido da seguinte maneira: se os resultados precisam melhorar, então aproveitar ao máximo o uso dos recursos, priorizando, ao mesmo tempo, a produção dos produtos mais lucrativos.

Este comportamento é estimulado pelo fato do desempenho ser tradicionalmente medido com base nos resultados locais, direcionando o foco para a plena utilização de todos os recursos, posto que maquinário e operadores parados são sinônimos de prejuízo.

O resultado final é que todos estes pressupostos podem levar os dirigentes a priorizarem a produção dos itens mais lucrativos, independente da contribuição que os artigos menos lucrativos possam vir a agregar no resultado global do sistema.

Por outro lado, Corbett (1997) afirma que qualquer tomada de decisão que impacte positivamente o RSI é uma decisão que terá um efeito positivo nos resultados de uma empresa, mesmo que isto implique em manter as despesas operacionais constantes, independentemente da capacidade em se encontrar uma solução ideal que aumente o G e diminua o I e a DO.

Sob esta perspectiva, o **mundo do ganho** coloca em primeiro lugar em ordem de importância, o **G**, em segundo o **I**, e em terceiro a **DO**. Por este aspecto, a maior relevância para as tomadas de decisões se dá pela contribuição ao ganho global do sistema, independente do incremento que a margem individual de cada produto agrega ao resultado global.

Mas, como propiciar um processo acessível para as tomadas de decisões sob esta ótica?

Para desenvolver este mecanismo, é necessário compreender que o **mundo dos custos** é totalmente influenciado pela “**abordagem do empurrar**”. Como usualmente as decisões estão contaminadas por esta perspectiva, procura-se maximizar o lucro em todos os locais, com a percepção de que a soma de todos os lucros locais contribuem então para o lucro global.

Baseado nesta hipótese, melhorar o resultado local significa produzir localmente com o maior lucro possível.

Já para o **mundo dos ganhos**, a gestão é direcionada para a “**abordagem do puxar**”. Assim, de acordo com este ponto de vista, as seguintes questões devem ser respondidas:

- Quanto custa a perda de uma unidade de um recurso não-restritivo? (1 min. de um não-gargalo; 1 material abundante)

- Quanto custa a perda de uma unidade de um recurso restritivo? (1 min. de um gargalo; 1 material faltante / escasso)

Se um recurso restritivo limita o ganho  $G$ , temos que extrair a máxima quantidade de dinheiro possível por unidade de recurso restritivo, para garantir o seu máximo aproveitamento (exploração). Quando o RRC é um equipamento de produção, o critério de decisão é o **ganho por tempo do RRC** (BRASIL<sup>5</sup>, 2007).

Baseado nesta hipótese, melhorar o resultado local significa produzir o produto com o maior lucro no RRC.

Congruente com este pensamento, Corbett<sup>6</sup> (1999 *apud* Souza *et al.*, 2004, p.22), relata que este seria um quarto indicador, ou seja, o resultado da divisão do ganho do produto pelo tempo usado por ele na restrição.

Sob este aspecto, a apuração da quantidade de dinheiro que cada produto consegue gerar por minuto de uso do recurso restritivo da empresa passa a nortear as prioridades na produção, posto que o produto que tiver o melhor índice é o que melhor explora a restrição em termos de aumento do ganho da empresa.

Pode-se concluir que a análise pelo “**mundo do empurrar**” pode levar a **decisões erradas**. Portanto, mudar o processo decisório baseado no elemento que restringe o sistema de aumentar os seus ganhos passa a ser condição necessária para melhorar os resultados.

Finalizando, este capítulo foi necessário para introduzir e discorrer sobre as abordagens do “**custo**” e do mundo do “**empurrar**”, e suas **influências negativas** nas decisões estratégicas dos negócios. No capítulo 2.3, será evidenciado o quanto este comportamento é praticamente “institucionalizado” no SCM tradicional, induzindo os parceiros da cadeia de suprimentos a focalizarem nas suas rentabilidades individuais, gerando conseqüências nocivas quando se visualiza os resultados da cadeia de suprimentos como um todo.

---

<sup>5</sup> BRASIL, A. V. N. **A Aplicação da Teoria das Restrições nas Negociações Empresariais e Relações Humanas**. Treinamento – PH-Brasil Consultoria, 2007.

<sup>6</sup> CORBETT NETO, T. Make better decisions. **CMA Management**, Richmond Hill, p.33-37, 1999 *apud* SOUZA, F. B. de *et al.* Utilização do sistema de produção da teoria das restrições na gestão da cadeia de suprimentos: uma revisão conceitual. **Maringá Management: Revista de Ciências Empresariais**, v.1, n.1, p.12-26, 2004.



## 2.3 A APLICAÇÃO DA TOC NO SCM

O propósito deste capítulo é apresentar o efeito do uso da TOC em uma cadeia de suprimentos.

Usualmente, a cadeia de suprimentos é entendida como um grupo de elementos dependentes em um sistema. Por conseguinte, o desempenho global deste sistema dependerá, teoricamente, do máximo desempenho de todos estes elementos.

Todavia, a visão abrangente e o raciocínio lógico da TOC revelam que é o desempenho do elo mais frágil da cadeia de suprimentos que irá determinar os resultados globais do sistema.

Para tanto, Goldratt (1998) afirma ser particularmente importante destacar que a TOC, através dos seus processos de raciocínio (seção 2.2.1.4), expõe os principais dilemas que restringem a maximização dos ganhos no SCM, e mostra como os membros da cadeia podem concretizar as iniciativas globais de melhorias, baseado na abordagem do gerenciamento das restrições (a ser abordada na seção 2.3.6).

### 2.3.1 Os principais dilemas do SCM segundo a TOC

Através dos processos de raciocínio da TOC, um diagrama de dispersão do conflito (Figura 13) pode ser usado para captar e descrever um dos principais dilemas no SCM.

Neste diagrama, é revelado como as correntes de gerenciamento tradicionais tratam deste problema, podendo-se observar que, entre os ramos superiores e inferiores do diagrama, há uma divergência nas estratégias empregadas pelos membros da cadeia.

Estas estratégias estão intrinsecamente ligadas à percepção que cada envolvido na cadeia de suprimentos possui em relação à maximização dos seus respectivos resultados. Este cenário é consequência da forma como os membros da cadeia compreendem, institucionalizam e perseguem a maximização dos seus ganhos, conforme será explicado a seguir.

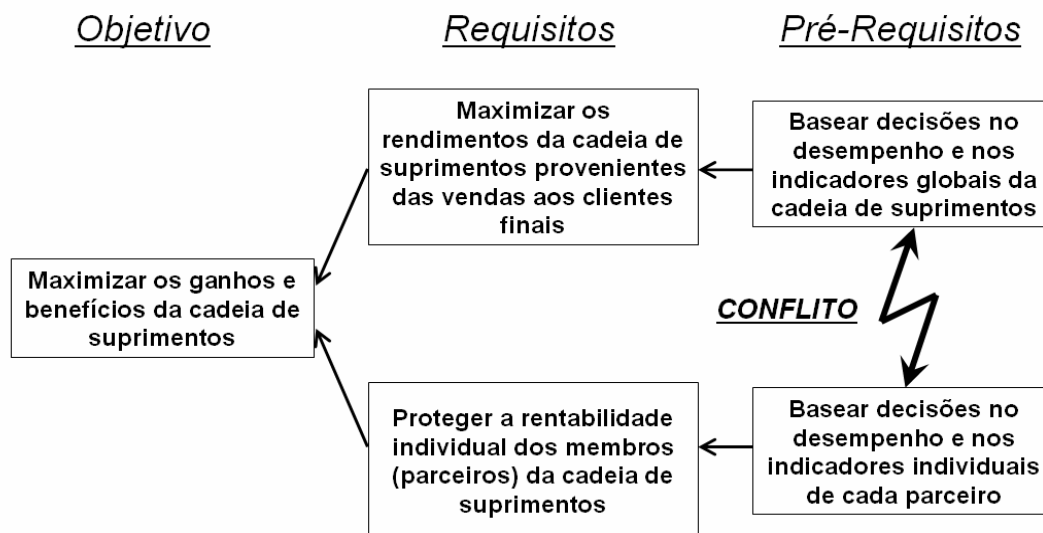


Figura 13 – Principal dilema entre os parceiros da cadeia de suprimentos. Destaque para o conflito entre ganho global *versus* ganhos pontuais (Adaptado de Simatupang *et al.*, 2004).

Conforme explica Blackstone (2001), no ramo superior do diagrama, a adoção de diretrizes com foco na maximização do desempenho e da rentabilidade global da cadeia de suprimentos se promove através das vendas aos clientes finais.

O raciocínio que embasa esta percepção está no fato de que clientes satisfeitos trazem mais vendas, o que contribui positivamente para os lucros da cadeia de suprimentos, somado ao fato de que para os clientes finais o grande valor está no retorno com que suas necessidades são satisfeitas (SIMATUPANG *et al.*, 2004). Estas necessidades devem ser alcançadas em termos de disponibilidade, qualidade, prazos e custos, tanto dos bens oferecidos quanto dos serviços prestados.

O maior rendimento da cadeia só será então obtido através do desempenho dos colaboradores de forma sincronizada, seguindo uma diretriz comum centrada no ganho global, promovendo a distribuição deste mesmo ganho, de forma balanceada, entre os membros predecessores da cadeia.

Ainda segundo Blackstone (2001), de forma divergente, no ramo inferior do diagrama, as empresas utilizam-se da errônea compreensão de que a grande vantagem está em proteger, individualmente, suas rentabilidades. Isto porque cada membro da cadeia entende que se beneficiará da cooperação somente se sua margem de lucro

individual for incrementada, pressionados também pelas suas responsabilidades em garantir altos retornos aos acionistas (SIMATUPANG *et al.*, 2004).

Dentre as atitudes nocivas neste tipo de ambiente, podemos citar a adoção de múltiplos planos de vendas, a competitividade desbalanceada, as flutuações de preços, e os descontos por volume e transportes.

As relações “predatórias” de grandes varejistas com alto poder de barganha, baseadas na adoção de certos modelos de estratégia competitiva (PORTER, 1989), freqüentemente também exigem que seus fornecedores arquem (i.e. assumam os custos) de iniciativas de melhorias, como compressão do tempo, redução de inventário, volume garantido de reserva e investimentos em sistemas complexos de informações logísticas.

Como resultado, decisões que aparentemente trazem benefícios individuais para os membros da cadeia têm um impacto devastador por ameaçar o lucro da cadeia de suprimentos como um todo (SIMATUPANG *et al.*, 2004).

Em adição a isto, um outro diagrama de dispersão do conflito (Figura 14) pode também ser usado para melhor compreender o comportamento predominante no **ramo inferior** da nuvem de dispersão apresentada na Figura 13, quando examinado sob a perspectiva individual de cada um dos parceiros.

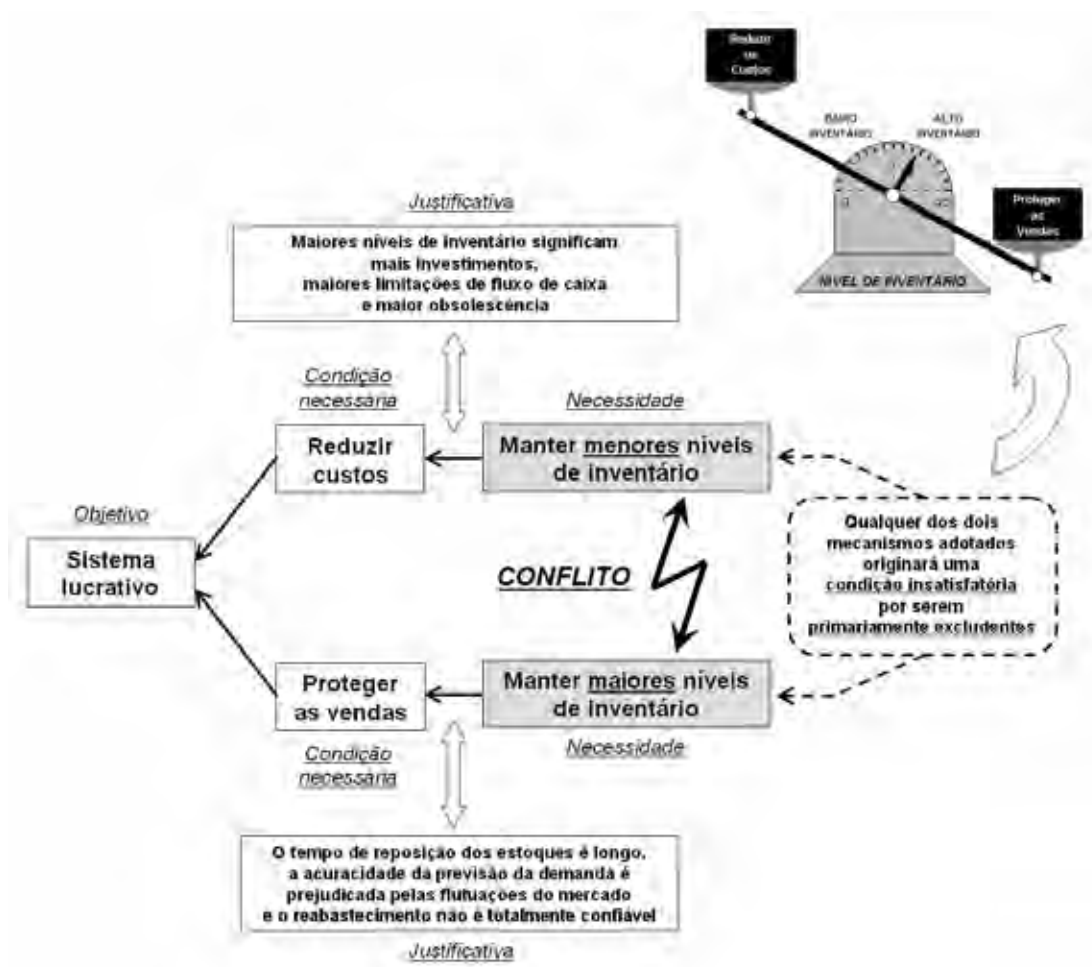


Figura 14 – Principal dilema do ponto de vista interno dos parceiros da cadeia de suprimentos. Destaque para o conflito entre sustentar ou não maiores níveis de inventário, para minimização das vendas perdidas por indisponibilidade de bens de consumo no cliente final. (Adaptado de *TOC Insights into distribution & supply-chain* – Goldratt's Marketing Group, 2007).

Conforme explicado nos parágrafos anteriores, cada membro da cadeia de suprimentos geralmente persegue, isoladamente, como principal objetivo, tornar seu sistema rentável e lucrativo.

Sob este aspecto, uma das condições necessárias para atingir este propósito pode ser obtida através da redução dos custos. Sendo assim, faz sentido diminuir os níveis de inventário, pois isto se justifica, basicamente, pelos motivos abaixo:

- a) Maiores níveis de estoque significam mais capital de giro “empitado”, ou seja, investimento sem retorno imediato, que da mesma forma demandam gastos com administração, armazenagem e controle, além do agravante da

depreciação financeira e dos tributos sobre os materiais estocados por longos períodos;

- b) Em função disto, com mais despesas e menos capital de giro, o desempenho do fluxo de caixa é depreciado, reduzindo o resultado operacional;
- c) Quanto mais tempo os insumos (matérias-primas) permanecem nos estoques, maior o risco de obsolescência, provocando sucateamento ou uso alternativo.
- d) No caso de produtos acabados, há o risco do material ficar “encalhado” nos depósitos, sendo necessário, muitas vezes, adotar estratégias de vendas para “queima de estoques” pelo preço de venda igual ou menor que o preço de aquisição.

Uma alternativa para enfrentar estes problemas e maximizar a rentabilidade, seria reduzir as oportunidades de vendas desperdiçadas no cliente final, causadas pela indisponibilidade de bens de consumo que agregam o seu produto.

Esta condição acarreta o aumento dos estoques de insumos e produtos acabados, para prontamente atender aos pedidos de compras não planejados ou urgentes, colocados, repentinamente, pelos clientes internos e externos da cadeia.

Dentre os motivos que podemos destacar para justificar esta situação, temos três evidências básicas:

- a) O tempo de reposição dos estoques é longo devido ao *lead-time* de manufatura e transporte;
- b) A estimativa de vendas não é precisa, posto que as demandas nos pontos de consumo são flutuantes;
- c) Situações imprevistas podem acontecer (incidentes logísticos e de suprimentos, greves e operações padrão, etc.), não havendo total garantia de reabastecimento.

Sumarizando, os esclarecimentos acima permitem concluir que qualquer dos dois mecanismos que seja adotado (aumentar ou reduzir os níveis de inventário) originará uma condição insatisfatória, justamente por que estas estratégias são primariamente excludentes.

Torna-se, então, essencial a análise profunda de cada uma destas condições, procurando alcançar o ponto ótimo de equilíbrio entre as duas. Este ponto de equilíbrio é, analogamente, representado por uma balança na Figura 15.

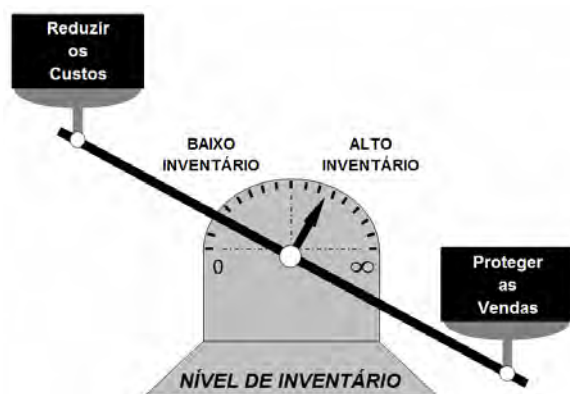


Figura 15 – Ponto de equilíbrio a ser determinado para satisfazer o principal dilema do ponto de vista interno dos parceiros da cadeia de suprimentos (Figura 14) (Adaptado de *TOC insights into distribution & supply-chain* – Goldratt's Marketing Group, 2007).

De fato, esta realidade confirma o que preconiza Goldratt (1997), em que para solucionar este conflito, deve-se então quebrar o paradigma de que, no SCM, a maximização dos resultados em cada conexão da cadeia de fornecimento irá melhorar o desempenho global do sistema, emergindo a compreensão de que a soma de todos ótimos locais não contribuem para o ótimo do sistema, e sim, geram desperdício no cenário geral (mundo dos custos *versus* mundo dos ganhos – seção 2.2.1.5).

Como alternativa, a TOC pode ser adotada pelas empresas da cadeia, neutralizando os conflitos presentes no diagrama, mantendo o foco no gerenciamento das restrições como o mecanismo para obter lucratividade, sempre focalizados no ganho global (a ser exposto no capítulo 2.3.6).

Como convencer os parceiros de que a melhor solução para todos, e ainda mais importante, para a própria sobrevivência da cadeia de suprimentos, está em se pensar sistemicamente e não individualmente? Esta não é uma tarefa fácil. Todavia, sua compreensão foi, genericamente, esclarecida na seção 2.2, e será complementada mais profundamente no tópico 2.3.6, pelo qual a abordagem do gerenciamento das restrições é aplicada para a administração da cadeia de suprimentos.

### 2.3.2 Distribuição: sistema “empurrado” *versus* sistema “puxado”

Para Simchi-Levi *et al.* (2003), “as cadeias de suprimentos freqüentemente são categorizadas como sistemas puxados ou empurrados”.

Ainda segundo Simchi-Levi *et al.* (2003), nas cadeias de suprimentos baseadas em sistemas empurrados, as decisões da produção são baseadas em previsões de longo prazo, levando muito mais tempo para o sistema reagir às mudanças de mercado.

Em adição a isto, a capacidade de produção do fornecedor estará normalmente ajustada para o pico histórico de demanda, a fim de prontamente atender a um aumento repentino nas vendas. Este comportamento estimula o aumento, tanto dos estoques (efeito chicote) como do WIP, devido à maior parte do tempo os fabricantes permanecerem produzindo, posto que recursos ociosos não é aceitável.

Em contrapartida, Simchi-Levi *et al.* (2003) explicam que nas “cadeias de suprimentos baseadas em sistemas puxados, a produção é acionada pela demanda e, portanto, encontra-se associada à demanda real do mercado (clientes finais), ao invés de ser definida a partir das previsões”.

O objetivo deste capítulo é, portanto, ilustrar de forma bem simplificada, através de analogias, a comparação entre cadeias de suprimentos que se comportam em regime “empurrado” (baseado em previsões de consumo) e em regime “puxado” (baseado no consumo real).

Suponha que um porto seja o receptor de navios petroleiros vindos do exterior. A refinaria está localizada serra acima, a pouco mais de uma centena de quilômetros. O meio de transporte atual é através de ferrovia.

No estado atual, o fluxo até a refinaria é intermitente, e depende da disponibilidade dos meios de transporte, que transportarão o máximo possível em cada traslado, a fim de otimizar o custo por litro transportado.

Este cenário estimula um acúmulo localizado de lotes de combustível durante o trajeto e também no descarregamento, seguido, logicamente, de várias interrupções. A desova será total no ponto de chegada, independentemente do estoque presente ser mais que suficiente para o consumo da semana.

Foi, então, construído um oleoduto (“corda”) em um trajeto mais direto e menos extenso (portanto sem curvas, em linha reta, com menos peso e sem tráfego), com um reservatório agregado ao porto, com capacidade suficiente para algumas semanas de consumo.

Com a adoção do oleoduto, o transporte torna-se prontamente disponível, e o fluxo passa a ser contínuo, de acordo com o consumo do reservatório da refinaria. E o nível do reservatório no porto irá “puxar” novos petroleiros no exterior, dimensionado pelo *lead-time* de transporte suficientemente necessário para reposição deste reservatório, alinhado à razão de consumo da refinaria antes que o mesmo se esvazie.

A Figura 16 ilustra este processo, que resulta em um nível estável de inventário ao longo do trajeto, com um volume total menor de combustível na cadeia como um todo, otimizando também todos os custos intrínsecos ao processo.



Figura 16 – Analogia: de fluxo intermitente (distribuição empurrada) para fluxo contínuo (distribuição “puxada”).



Comportamento similar pode também ser descrito através de uma analogia ao sistema de distribuição de água que abastece as residências. O cenário hipotético agora equivale a um bairro com residências, onde cada uma delas consome, semanalmente, alguns milhares de litros de água (Figura 17).

Não seria viável que cada moradia mantenha esta água estocada em lotes semanais para seu consumo. Ainda mais se transpusermos esta condição para todas as residências da cidade, posto que a grande dimensão de água estocada depreciaria a capacidade da represa.

Felizmente, o processo real de distribuição é coerente em termos de otimização.

Uma vez que a represa armazena a água mais que necessária para toda a cidade (suficiente para alguns meses), as distribuidoras regionais são reabastecidas conforme o consumo conjunto de todas as casa dos bairros. E cada casa “puxa”, no máximo, a quantidade de água consumida no dia, a ser armazenada em suas respectivas caixas.

Resultado: todos os estoques de água se mantém estáveis através do fluxo contínuo, de acordo com a demanda, não sobrecarregando individualmente cada distribuidora e cada residência.

E não menos relevante é a estabilidade do processo na represa, pois a água não consumida por uma residência provavelmente será consumida em outra, diluindo-se, desta forma, a variabilidade da demanda.

O processo é congruente com o comportamento do *shipping buffer* na fábrica, e dos pulmões reduzidos nos distribuidores e varejistas, conforme será esclarecido pela aplicação da TOC no SCM, a ser exposto no capítulo 2.3.6.

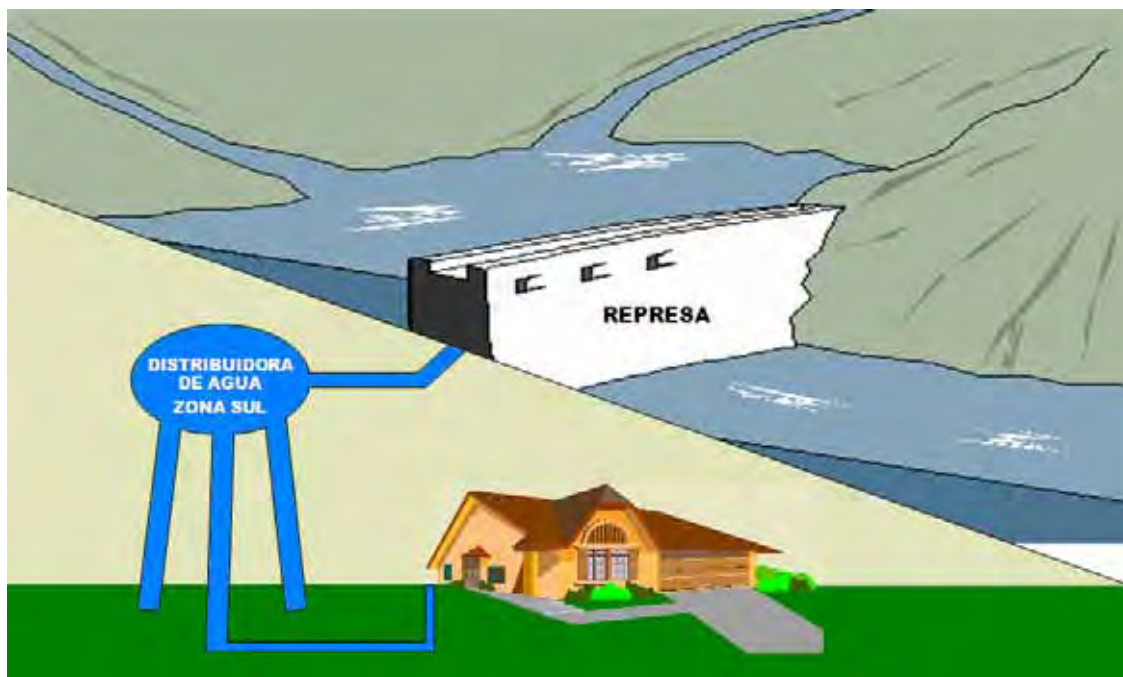


Figura 17 – Analogia para distribuição “puxada” (Adaptado de Novotny e Pasquarella, 2002).

Finalmente, Simchi-Levi *et al.* (2003) destacam que as cadeias de suprimentos utilizam mecanismos rápidos de comunicação e transferência de mercadorias, contribuindo para:

- A redução dos *lead-times*, em função da capacidade de antecipação aos pedidos dos clientes;
- Menor variabilidade dos pedidos no sistema, propiciado pelo fluxo contínuo;
- Redução dos estoques em função do fluxo em regime estável, sem produções em lote.

Deve-se enfatizar, porém, que os sistemas puxados podem encontrar dificuldades de implementação no caso de longos *lead-times*, justamente pela complicação em reagir às mudanças na demanda, somados às restrições em economia e transporte, normalmente vantajosos em regime de escala (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2003).

### 2.3.3 O método tambor-pulmão-corda simplificado (TPC-S)

Esta seção se compõe de um extrato do livro e do *white-paper* de Schragenheim e Dettmer (2000a e 2000b), posto a carência de publicações acadêmicas sobre o tema.

O tambor-pulmão-corda simplificado (TPC-S) parte da premissa que a empresa não é, usualmente, restringida por nenhum recurso interno. Em outras palavras, o mercado, freqüentemente, é a maior de todas as restrições para a maioria das empresas, o que significa atender todas as oportunidades de vendas.

Quando o mercado é claramente a restrição, os autores sugerem a combinação da simplicidade do planejamento TPC em conjunto com a intensa focalização de controle sobre o pulmão de expedição, o que resulta em uma **subordinação total das operações para as vendas (a restrição)**. Este processo, denominado TPC-simplificado, é, portanto, uma derivação do TPC tradicional.

Todavia, quando um RRC interno começa a emergir em função de um aumento da demanda, a depreciação da capacidade deste recurso deve limitar a habilidade da empresa em responder ao mercado, posto que o atual *lead time* desde a liberação de matéria-prima até o embarque se torna insuficiente. Por conseguinte, a programação TPC tradicional passaria a ser adotada novamente.

E se esta for a decisão, toda unidade de produto precisaria passar através dos pulmões internos, cobrindo a operação restritiva e várias operações não-restritivas (tambor, convergência/montagem e expedição) ao invés de somente uma restrição (o mercado). O controle seria intensificado, pois cada um destes deve ser monitorado e gerenciado.

Entretanto, esta condição poderá criar conflitos quando um único recurso precisar expedir diferentes ordens para diferentes pulmões. É neste contexto que o TPC-S vem agregar uma alternativa de facilitar ainda mais o processo de gerenciamento, mesmo frente à singeleza do TPC tradicional.

A premissa básica por trás do TPC-S é que a demanda do mercado é a maior restrição, mesmo quando houver um RRC interno ativo. O raciocínio por trás desta hipótese é que, se nós não satisfizemos os requisitos do mercado, nossa demanda

futura de mercado será reduzida pela insatisfação dos clientes, posto que migrarão para a concorrência . Esta é a primeira premissa básica por trás do TPC-S:

As exigências impostas pelo mercado algumas vezes conflitam com a total exploração de um recurso interno (RRC). Nós não queremos recusar um cliente importante, mesmo que suas ordens correntes consumam uma grande quantidade da capacidade do RRC. Uma vez que nós tenhamos nos alinhado ao mercado, o prejuízo por não se cumprir totalmente este compromisso poderá ser consideravelmente mais severo que aqueles incorridos por sacrificar um pouco da capacidade do RRC (SCHRAGENHEIM; DETTMER, 2000a).

Nestas condições, ambos o RRC interno e a demanda de mercado estão presentes como restrições. Porém, apesar do RRC restringir nosso ganho agora, é o quão bem nós satisfazemos as demandas do nosso mercado que, com certeza, afetará nosso ganho no futuro.

**Restrições internas podem vir e ir, mas a restrição do mercado sempre permanecerá com alta relevância.** Neste contexto, a intuição natural, a fim de subordinar-se para as demandas do mercado, conduz para a necessidade de manter ainda uma capacidade protetiva mínima no RRC interno.

**Este é o porquê do TPC-S tomar por certo que os compromissos com o mercado são sempre a maior restrição,** ainda que subordinar-se para uma restrição de mercado não evita a possibilidade de haver um recurso interno que limita a expansão do mercado da empresa.

Assim, um RRC ativo deve também ser considerado, porque decidir quais segmentos de mercado a organização deve perseguir é ditado por qualquer real ou potencial limitações em sua capacidade.

Além disso, como a demanda de mercado varia, há um risco de gerar uma grande carga sazonal no RRC. Consequentemente, a carga neste recurso deve ser cuidadosamente monitorada, **podendo, inclusive, ser necessário limitar nossos compromissos para alguns segmentos de mercado.**

Para sumarizar, quando um RRC está subordinado aos compromissos assumidos com o mercado, alguma capacidade protetiva deve ser mantida no RRC. Por este

motivo, deve ser argumentado que, na maioria de casos como este, não deve haver uma necessidade para aderir a uma programação detalhada para o RRC.

Esta conclusão nos leva para a segunda premissa básica do TPC-S: “uma pequena mudança na atual seqüência de processamento de uma restrição interna NÃO tem muito impacto no desempenho total do sistema”.

Em adição a isto, para lidar com altos e baixos de demanda, é sabido que, em várias situações, a demanda de mercado flutua. Assumindo que a capacidade em um RRC não é plenamente ocupada durante todo o ano, conclui-se que o RRC está ativo somente nos períodos-de-pico, enquanto que a demanda de mercado é a única restrição ativa durante todo o ano. A Figura 18 ilustra este cenário.



Figura 18 – Demanda e capacidade para um RRC em potencial (Fonte: Schragenheim; Dettmer, 2000a).

Trocando de três pulmões (tambor, convergência e expedição) para um pulmão, e então voltar aos três pulmões novamente, representa uma imensa mudança de diretriz para o TPC tradicional, com complicações significativas para o gerenciamento.

Por este motivo, em vários casos de cadeias de suprimentos que utilizam o TPC tradicional, considera-se o RRC interno como a restrição do sistema, mesmo em um período de baixa demanda. Isto gera resultados sub-ótimos (longos tempos de estocagem) nos períodos “fora-de-pico”.

O TPC-S é capaz de alterar suavemente entre períodos de “pico” e “fora-de-pico”, tanto quanto o foco principal de planejamento e controle não se alteram, posto que se direcionam para a satisfação do mercado.

Quanto ao suporte de pacotes usuais de tecnologia da informação (TI), o TPC-S é muito fácil de planejar e controlar com o uso de sistemas comuns de MRP.

De fato, os pacotes especializados de *softwares* TPC não são realmente necessários, desde que os sistemas de MRP possam ser ajustados para suportar o TPC-S. Isto pode ser um real benefício para as empresas que já tenham sistemas de MRP. Porém, em contrapartida, podem ser incapazes ou relutantes em investir em *softwares* especializados de TPC.

Outro pressuposto dificultador pode ser a adequação do algoritmo do MRP para a lógica do sistema “puxado”, o que contraria a natureza de seu algoritmo básico, desenvolvido para o regime “empurrado”.

O TPC-S é, substancialmente, mais simples de implementar, e a maioria dos benefícios em fazê-lo advém mais rapidamente. A Figura 19 representa, esquematicamente, a comparação entre o TPC tradicional e o TPC-S. Em complemento, a Figura 20 expõe um algoritmo sugerido para se implementar o TPC-S.

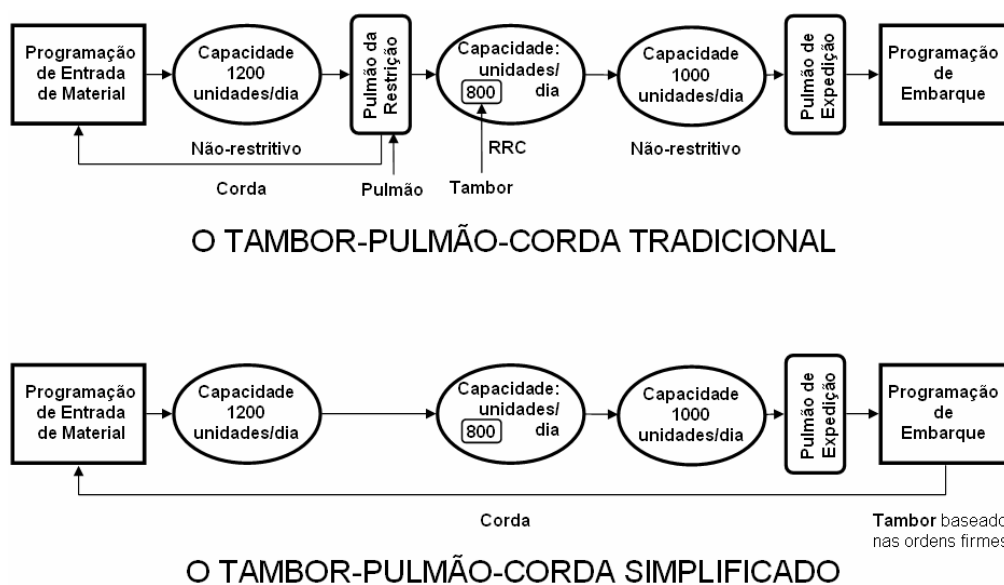


Figura 19 – Comparação entre os modelos TPC tradicional e TPC-simplificado (Fonte: Srinivasan *et al.*, 2005).

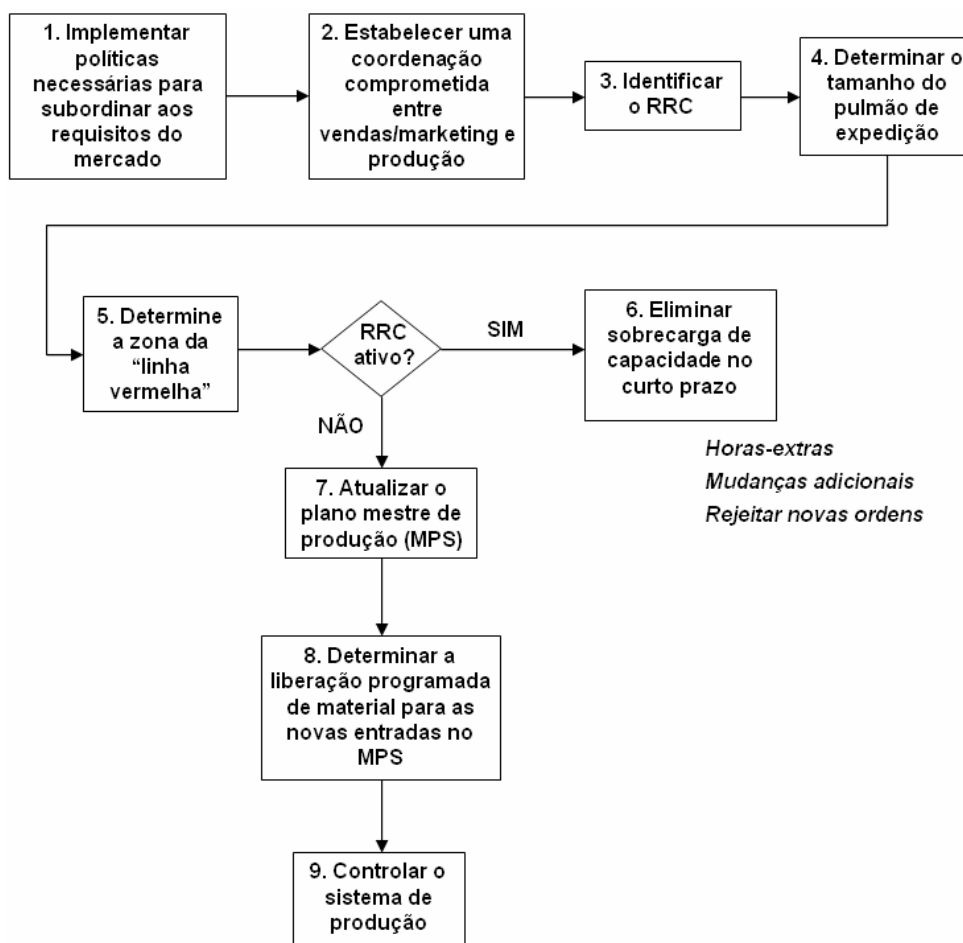


Figura 20 – O processo de implementação TPC-Simplificado (Fonte: Schragenheim; Dettmer, 2000a).

#### 2.3.4 Distribuição “puxada” com o tambor-pulmão-corda simplificado

Frente ao exposto nos capítulos 2.3.2 e 2.3.3, esta seção tem como propósito delinear a associação do sistema “puxado” com o TPC-S. Ambos os conceitos, outrossim, terão suas arquiteturas exemplificadas através de uma analogia hipotética.

Para auxiliar a compreensão da analogia, será representado primeiro um sistema de distribuição empurrado. A Figura 21 representa uma rede, onde um grande centro de distribuição (CD) abastece outros 4 depósitos regionais (D) e algumas cidades próximas.

Os pedidos são colocados de acordo com a necessidade dos clientes, e o transporte é feito via frete aéreo. As aeronaves partem para seus destinos com a “carga cheia”, posto que sob o ponto de vista dos custos de transporte, não é admissível meia carga.

Frente ao pressuposto de que os destinos não comportam toda a carga, as aeronaves irão distribuir o restante do carregamento em outros depósitos ou varejistas próximos, independente se estes precisam ou não de mercadorias, para “não perder a viagem”.

Como resultado, observa-se pela quantidade de translados (arcos da Figura 21), o desperdício, o excesso de atividades e a quantidade de estoques localizados que não agregam valor ao sistema. Em outras palavras, são estoques que não agregam valor às vendas. Do mesmo modo, não há uma logística simples, otimizada e eficaz de distribuição.

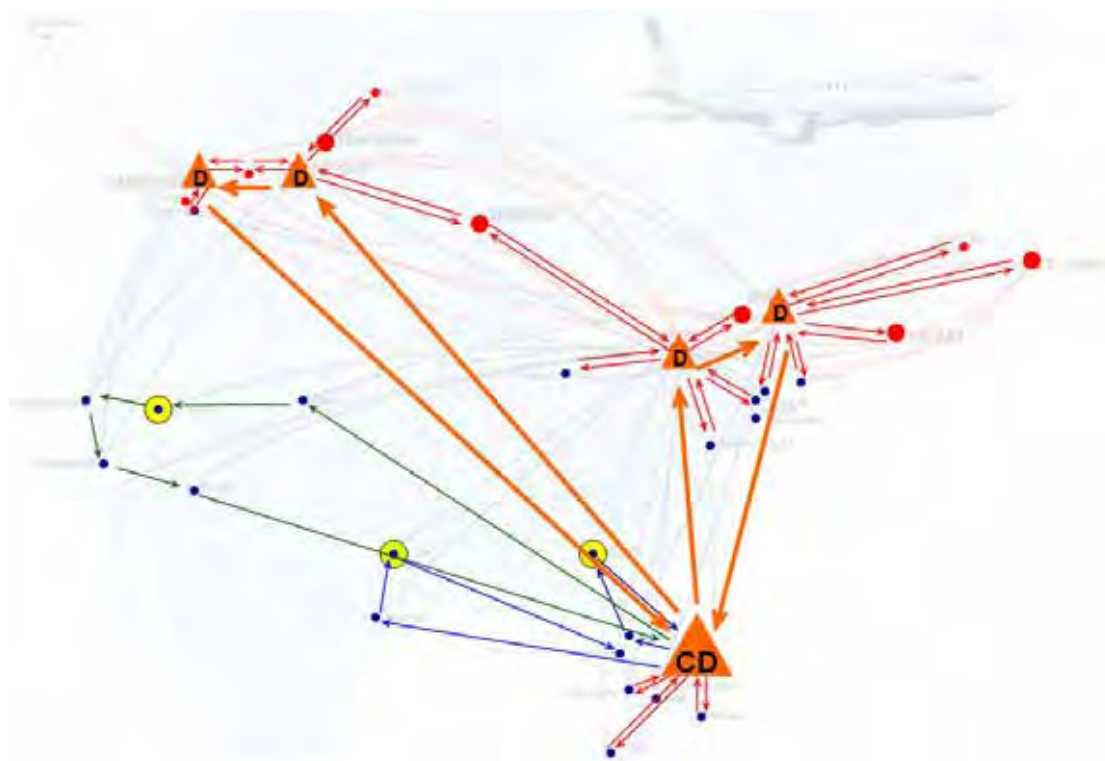


Figura 21 – O processo de distribuição “empurrada”.



Em contrapartida, a Figura 22 apresenta esquematicamente o mesmo processo, porém subordinado a uma distribuição puxada, com o controle central através do nível do pulmão de expedição do CD. Este pulmão reabastece todos os pulmões reduzidos representados na cadeia.

Como o sistema é gerenciado segundo o conceito do TPC-S, todo o controle da demanda se reflete no consumo do pulmão de expedição localizado no CD. E a razão de consumo deste pulmão é que dispara a necessidade de reposição pelo fornecedor do CD, dimensionado pelo *lead time* de ressuprimento.

O reabastecimento é diário, cobrindo todos os pulmões que tenham as suas respectivas mercadorias consumidas em todos os varejistas, sendo utilizada uma aeronave para a malha leste, e outra para a malha oeste.

As aeronaves carregam, então, a **quantidade total de mercadorias consumidas no dia anterior**. Ou seja, o sistema se movimenta de acordo com o consumo global da cadeia, e não atendendo às solicitações individuais de cada varejista.

Resultado: a movimentação é reduzida, o fluxo é contínuo, a cadeia transporta somente a quantidade real consumida pelos clientes finais, e o nível global de inventário é reduzido em grande escala.

Mesmo que o estoque do CD tenha aumentado em volume, o giro é rápido, pois se atende à cadeia total de clientes finais. Ou seja, se um lojista consumir menos, será provavelmente compensado por outro varejista que consuma mais.

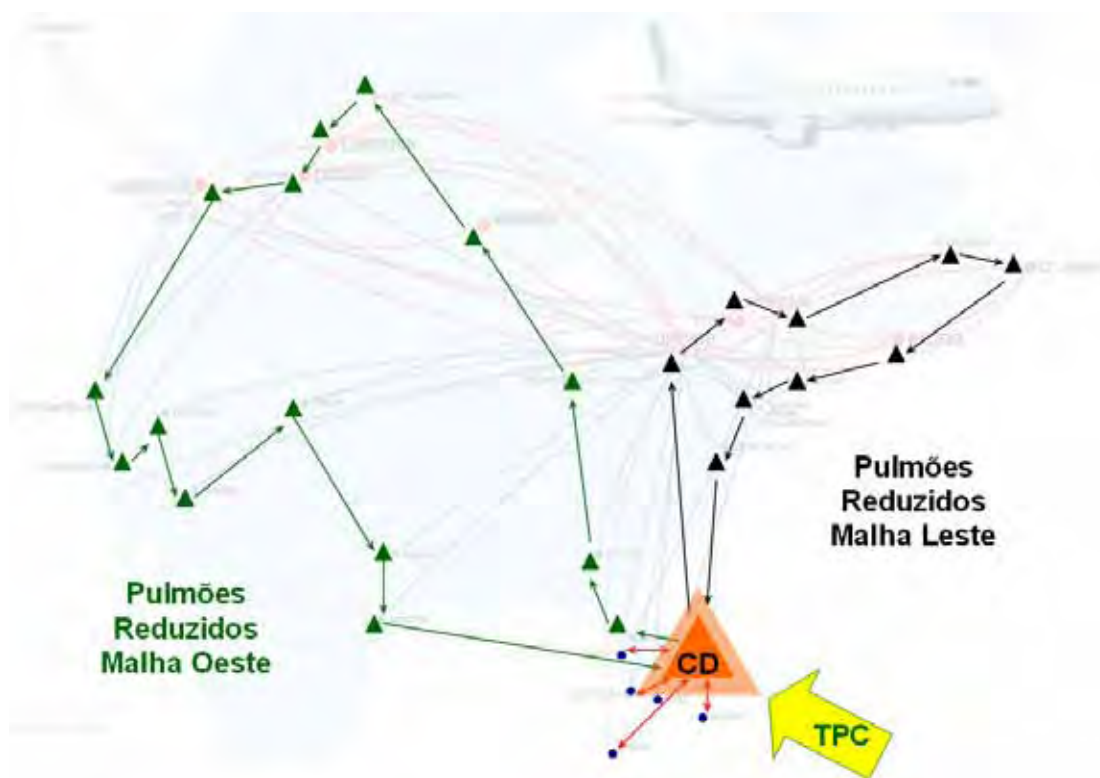


Figura 22 – O processo de distribuição “puxada” com reposição diária (ou de periodicidade curta).

Enfim, o propósito deste tópico foi expor, com clareza, o mecanismo necessário para que uma cadeia de suprimentos trabalhe de acordo com o modelo sugerido pela TOC. Os fundamentos lógicos deste mecanismo “puxado” são complementados ao longo da seção 2.3.6.

### 2.3.5 TOC: paralelo entre manufatura e SCM

O principal propósito desta seção é criar subsídios para, de forma conclusiva, auxiliar a compreensão do mais importante princípio para a gestão do SCM de acordo com a TOC: o gerenciamento das restrições (objeto da seção 2.3.6).

Para isto, se faz necessária a transposição dos fundamentos conceituais da TOC abordados até o momento. Isto é justificado pelas muitas dúvidas que cercam a metodologia da TOC voltada ao SCM, ainda mais pela escassez de publicações científicas e estudos de caso reportados (abordado na seção 1.2.3).

De certa forma, é necessário também insistir nos tópicos teóricos, posto que a origem da TOC é de fácil entendimento justamente por ter nascido no ambiente de manufatura. Entretanto, quando se transpõe para o SCM, ainda há muitas dúvidas e perguntas sem respostas.

Em adição a isto, este tópico porventura venha a trazer alguma contribuição, na intenção de oferecer um “atalho” para os interessados sobre o tema, bem como fornecer uma visão geral sobre a TOC. Para este propósito, procurou-se agregar todo o conhecimento disperso (publicações, *white-papers*, sites de consultoria, cursos, etc.), em conjunto com a experiência prática e os contatos desenvolvidos com especialistas na área.

Na seqüência, os principais elementos conceituais da TOC estão dispostos segundo o encadeamento lógico para a sua compreensão:

- **1º. Passo – identificar a restrição:**

- i. Manufatura: RRC (gargalo, estratégico e convergente);
- ii. SCM: clientes não compram porque não encontram o produto (KENDALL, 2007).

- **2º. Passo – explorar a restrição:**

- iii. Manufatura: tirar o maior rendimento do RRC, eliminando ao máximo o desperdício, sem investimentos;
- iv. SCM: garantir as vendas através da disponibilidade dos produtos ao consumidor final, em qualquer circunstância. Ou seja, não desperdice os clientes que vêm até você. É um total desperdício quando os clientes não compram porque não encontram o produto (KENDALL, 2007).

O problema é: como fazê-lo ao menor custo de estoque e distribuição?

- **3º. Passo – subordinar todo o sistema à restrição:**

- v. Manufatura: o desempenho do sistema é ditado pelo desempenho do RRC;
- vi. SCM: o desempenho do sistema é ditado pela demanda do mercado (KENDALL, 2007).

Se a demanda for menor que a capacidade do RRC, a demanda é o “tambor”, pois ela é que dita o ritmo. E então aplicar o TPC-S, controlando o sistema através do pulmão de expedição (SCHRAGENHEIM; DETTMER, 2000b).

Caso contrário, dentro da cadeia de suprimentos, é o RRC da fábrica menos produtiva que ditará a cadência e o desempenho de todo o sistema (RRC ativo), e o TPC tradicional poderá ser adotado internamente.

Isto também é compartilhado por Souza *et al.* (2004), revelando que se a demanda é maior do que a capacidade do RRC, localizado em uma das empresas com output mais limitado do SCM, é sob a capacidade deste RRC ativo (interno na fábrica) que todo o sistema deverá se subordinar.

Apesar disto, Schragenheim e Dettmer (2000b) recomendam não aceitar encomendas acima da capacidade do RRC, e manter somente a programação segundo o TPC-S, com controle sobre o pulmão de expedição. Justificativa: o mercado a longo prazo é mais importante que um lucro sazonal pontual.

- **4º. Passo – elevar a restrição:**

- vii. Manufatura: aumentar o desempenho do RRC;

- viii. SCM: se a demanda for menor do que a capacidade do RRC do sistema, aproveitar o aumento dos lucros (obtidos como consequência de menos vendas perdidas e menores custos de estoque e distribuição) e investir em novos mercados (KENDALL, 2000).

Caso contrário, é o RRC da fábrica menos produtiva que deverá ter sua capacidade de produção aumentada (SOUZA *et al.* 2004).

- **5º. Passo – voltar ao 1º. Passo:**

- ix. Manufatura: verificar novas restrições;

- x. SCM: se a demanda era menor do que a capacidade do RRC ativo, verificar se o aumento da demanda devido à expansão para novos

mercados originou situações em que clientes não compram porque não encontram o produto.

Caso contrário, se dentro da cadeia de suprimentos havia um RRC ativo localizado em uma das empresas com a maior limitação de produção, verificar se a limitação de produção para atender a demanda migrou para outra empresa, e identificar o novo RRC interno.

- **Tambor:**

- xi. Manufatura: desempenho ditado pelo RRC;
- xii. SCM: desempenho ditado pelo mercado (consumidor final) (BAPTISTA<sup>7</sup>, 2008).

Contudo, Moellmann e Marins (2005) e Santos *et al.* (2007) sugerem que a fábrica pode ser o tambor, posto que ela é que dita a cadência do sistema.

Este ponto de vista é baseado no tempo de reposição dos pulmões dos distribuidores e varejistas a partir do pulmão de produtos acabados, localizado na fábrica. E antes disto, pelo tempo de reposição do pulmão da fábrica limitado pelo RRC interno da mesma. Esta condição também é compartilhada por Souza *et al.* (2004).

Também para Souza *et al.* (2005), uma vez que o *throughput* (ganho) de toda a cadeia é controlado pelo RRC localizado em uma de suas companhias, os programas mestres de produção devem ser submetidos à capacidade limitada daquele RRC. Este programa mestre será o **tambor do SCM**, determinando o ritmo de produção de todas as companhias da cadeia.

- **Pulmões:**

- xiii. Manufatura: pulmão do RRC (*drum buffer*), pulmões de convergência ou montagem (*feeding buffers*) e pulmão de expedição (*shipping buffer*);
- xiv. SCM: **pulmão de expedição**, pulmões reduzidos nos distribuidores e pulmões reduzidos nos varejistas (BAPTISTA<sup>8</sup>, 2008).

---

<sup>7, 8</sup> BAPTISTA, H. R. Goldratt Schools., 2008.

Contudo, conforme citado no tópico “Tambor” desta seção, o programa mestre subordinado ao RRC da companhia mais limitada em termos de *output* (o tambor do SCM) permite contemplar que o enfoque tradicional do TPC não muda quando aplicado ao SCM (SOUZA *et al.* 2004).

Desta forma, torna-se necessário criar pulmões nos 3 pontos estratégicos da cadeia: na restrição, montagem e expedição. Ou seja, um pulmão para proteger o RRC, outro pulmão na montagem (convergência) para garantir que os materiais que passaram pela restrição sejam prontamente montados, e um pulmão de mercado para garantir os prazos ao cliente final da cadeia.

- **Corda:**

- xv. Manufatura: é a sincronização dos níveis do pulmão do tambor e dos pulmões de convergência com o *lead-time* para chegada de materiais aos mesmos, a partir da entrada de matérias-primas no sistema.

Para o **pulmão de expedição**, o sinal para a entrada de materiais se dá em três condições excludentes: convergência após o RRC, convergência antes do RRC e ausência de RRC (Figura 7);

- xvi. SCM: é a sincronização dos níveis dos pulmões reduzidos nos distribuidores e varejistas com o *lead time* para chegada de materiais aos mesmos a partir do **pulmão de expedição** da fábrica (BAPTISTA<sup>9</sup>, 2008).

- **O que mudar?**

- xvii. Mudar o mecanismo de distribuição tradicional, usualmente subordinado ao sistema “empurrado”, o qual é baseado em previsões de consumo e com periodicidade de transporte aleatória.
- xviii. Mudar a prática corrente em se comprar e/ou produzir grandes quantidades de materiais e produtos (processamento em lote), baseado em previsões de longo prazo, mantendo elevadas quantidades de estoques de produtos acabados nos distribuidores e varejistas/lojistas (BLACKSTONE, 2001).

---

<sup>9</sup> BAPTISTA, H. R. Goldratt Schools., 2008.

- xix. Mudar o enfoque gerencial e o processo de tomada de decisão baseado nos parâmetros do custo e da eficiência local, que em função de serem parametrizados pelo sistema “empurrado”, oneram a cadeia com o excesso de inventário.

- **Para o que mudar?**

- xx. Para o sistema TPC alimentando o pulmão de produtos acabados no fabricante, em conjunto com uma política de reabastecimento diária (ou semanal), repondo este pulmão conforme o consumo em tempo real pelo cliente final da cadeia (sistema “puxado”) (BLACKSTONE, 2001).
- xxi. Mudar dos critérios tradicionais que direcionam as tomadas de decisão, hoje “contaminados” pelo ponto de vista dos custos, promovendo uma transição para uma cadeia de suprimentos voltada para uma visão global de ganhos, com fluxo contínuo através do sistema “puxado”, e beneficiando as relações ganha-ganha.

- **Como promover a mudança?**

- xxii. É o processo em que normalmente se encontra maior resistência.

Mudar a lógica do SCM subordinando-o ao método TPC (tradicional ou simplificado) é o paradigma mais difícil de ser quebrado (BLACKSTONE, 2001), posto que contraria a maioria dos preceitos de gestão em SCM atualmente empregados, muitos deles ainda baseados no sistema “empurrado”.

Os membros da cadeia de suprimentos com maior lastro financeiro e poder de barganha (neste caso os grandes varejistas e os fabricantes) precisam adquirir uma certa percepção e aceitar que existe o problema.

Uma vez que os parceiros decidam agir em favor da mudança, o trabalho de conscientização, transição e transferência de conhecimento deve ser processado gradualmente, respeitando uma seqüência hierarquizada de poder e influência, tanto entre os parceiros da cadeia de suprimentos quanto dos seus colaboradores internos.

Com isto espera-se promover, de forma harmônica e constante, o rompimento com os paradigmas existentes.

### 2.3.6 O gerenciamento das restrições aplicado ao SCM

O propósito desta seção é agregar toda conjuntura teórica percorrida até o momento, estabelecendo de forma lógica as correlações entre todos os tópicos da TOC até aqui apresentados e discutidos, a fim de concluir a arquitetura conceitual para a operacionalização da TOC no SCM.

Conforme abordado na seção 2.3.1, apesar de o principal propósito no SCM, sob o aspecto cooperativo, seja alcançar uma solução ganha-ganha para todos os membros envolvidos, freqüentemente há uma grande disparidade entre os potenciais benefícios e a prática, em que o relacionamento representa um jogo de força entre os membros da cadeia (SIMATUPANG *et al.*, 2004). A consequência mais prejudicial deste cenário é o excesso de inventário quando visualiza-se a cadeia de suprimentos como um todo.

Estas inerentes dificuldades rogam aos membros da cadeia encontrarem uma “engrenagem” em comum, o que irá capacitá-los a atingir os potenciais benefícios do SCM, principalmente contra o excesso de estoques ao longo da cadeia de suprimentos (combate ao desperdício).

Sob este aspecto, vem então a principal questão: **porque os estoques aumentam?** Se mesmo com o uso das ferramentas convencionais de SCM, percebe-se que ainda existe um considerável excesso (desperdício) de inventário nas cadeias de suprimentos em geral, como justificar isto, uma vez que esta afirmação é contraditória à própria natureza dos sistemas de SCM?

Para responder a esta questão, é necessário descrever e compreender o ciclo de produção e abastecimento entre os membros da cadeia de suprimentos, explicado na sequência.

Com a implantação dos sistemas de SCM, as fábricas passaram a obter instantaneamente as informações sobre os níveis de estoques dos distribuidores. Ao mesmo tempo, a adoção conjunta destes sistemas de SCM com os sistemas de ERPs, somados aos programas de melhoria contínua, aumentaram não somente a qualidade e



a produtividade das fábricas, como também diminuíram o *lead-time* de fornecimento pelas mesmas (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Contudo, o problema observado por Goldratt *et al.* (2000) é que, apesar da redução do tempo que um pedido de um depósito leva para ser atendido, nem sempre os níveis estipulados de estoques são redimensionados, posto que os estoques das fábricas são expedidos para os depósitos com base na previsão de consumo.

Mas a verdade é que, teoricamente, é impossível prever com precisão o consumo de um produto específico em uma região específica com semanas de antecedência (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Goldratt *et al.* (2000) acrescentam que, de fato, uma vez que a previsão é objeto de pesquisa por amostragem ou baseada no histórico de demanda, ocorre que ao mesmo tempo os níveis de estoque atualmente estipulados são estabelecidos (ou parametrizados) com base em dados não atualizados, tanto da capacidade do sistema quanto do tempo médio que se leva para repor o estoque vendido pelos depósitos.

Goldratt *et al.* (2000) ainda ressaltam que, simultaneamente a isto, o que faz com que uma fábrica comece a produzir um produto é a falta deste em um determinado depósito, para atender clientes específicos (geralmente locais). Porém, eventualmente, há estoques suficientes deste mesmo produto em outros depósitos. Todavia, isto não impede que, por motivos de escala econômica de produção, a fábrica produza quantidades para vários depósitos.

Este cenário, somado às falhas de comunicação entre os parceiros da cadeia de suprimentos, associadas também ao fato do planejamento das necessidades dos outros depósitos estarem parametrizadas em previsões de consumo locais que não podem ser aprimoradas, fazem com que uma fábrica produza e mande o produto também para os outros depósitos.

Este comportamento impõe à fábrica produzir então a quantidade supostamente necessária para a rede de distribuição inteira (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Como se não bastasse, Goldratt *et al.* (2000) lembram que o processo é ainda agravado pelo ponto de vista de transporte logístico, posto que, se uma quantidade expedida a um depósito não é o suficiente para encher um caminhão, costuma ser

mandatório acrescentar-se produtos até encher o mesmo, pois despachar caminhões com meia carga não costuma ser aceitável.

Por outro lado, não se pode cair na armadilha de que a solução esteja em reduzir os níveis estabelecidos dos estoques nos distribuidores, pois mesmo que os estoques estipulados sejam diminuídos, quando houver uma falta de produtos num depósito, a maior parte dos outros depósitos continuará não precisando de mais estoque. E naqueles poucos depósitos que necessitem dos produtos, a quantidade que falta provavelmente será pequena até mesmo para encher um caminhão.

Fica evidente que este cenário promoveria lotes de produção com quantidades tão irrisórias, fazendo com que os *set-ups* absorvessem quase que toda a capacidade produtiva das fábricas, tornando-as não rentáveis ao ponto de vista dos acionistas” (GOLDRATT *et al.*, 2000). Conseqüentemente, com a depreciação da produtividade, as fábricas não seriam capazes de produzir para atender toda a demanda de vendas.

Infelizmente, estes problemas são freqüentemente verificados em várias cadeias de suprimentos, e as soluções usualmente adotadas não têm apresentado resultados suficientemente adequados.

Com a compreensão deste ciclo, elucida-se o conseqüente cenário de excesso de estoque em muitos lugares e falta de estoque em outros lugares, fazendo com que alguém que lida com centenas de *mix* de produtos e com dezenas de depósitos regionais tenha falta de produtos em alguns lugares.

Para Goldratt *et al.* (2000), é particularmente importante ressaltar que situações como estas não são um problema para as empresas que produzem sob encomendas, mas é uma dificuldade praticamente inevitável em fábricas cuja produção é baseada em previsões.

Mas, se a redução do estoque não é a solução, qual então será a saída? Pode-se responder esta questão com base nos fundamentos da TOC aplicados ao SCM, resumidos na seção 2.3.5 (1º, 2º. e 3º. passos do processo de focalização em 5 etapas).

### 2.3.6.1 Primeiro passo: identificar a restrição no SCM

O principal fator que impede o sistema de maximizar sua rentabilidade é o excesso de inventário, cujas causas principais são justificadas pelos ramos inferiores dos principais dilemas do SCM (Figuras 13, 14 e 15), em conjunto com a elucidação do ciclo de manufatura e suprimentos baseados em previsões de demanda.

Sendo assim, em primeiro lugar deve-se então anular estas condições, conclamando aos parceiros decidirem pela maximização do resultado global da cadeia de suprimentos, desqualificando a maximização pontual dos resultados de cada elo. E isto pode ser possível, posto que a TOC evidencia que a soma de todos os ótimos locais não necessariamente beneficiam o ótimo global (ramos superiores dos diagramas das Figuras 13 e 14).

Em segundo lugar, é preciso localizar o ponto nevrálgico de convergência do sistema, onde seja possível (e praticável) monitorar todo o fluxo e o desempenho da cadeia, e ao mesmo tempo determinar o ritmo imposto pela capacidade de produção, onde alimentar com menos implica em perda de oportunidade ou vendas, e alimentar com mais não resulta em maior saída.

Em outras palavras, onde está a restrição da cadeia de suprimentos (1º. Passo do processo de focalização em 5 etapas)?

Esta questão foi respondida na seção 2.3.5 em que, através da visão holística da TOC, a identificação da restrição no SCM é reconhecida como todos os clientes que não compram porque não encontram o produto prontamente disponível no momento da procura (KENDALL, 2007).

Seguindo a seqüência lógica, no 2º. Passo (obter o maior proveito das vendas aos clientes no estado atual), o SCM precisa garantir as vendas através da disponibilidade dos produtos ao consumidor final, em qualquer circunstância. Ou seja, não desperdice os clientes que vêm até você. É um total desperdício quando os clientes não compram porque não encontram o produto (KENDALL, 2007).

Para atender esta necessidade, é necessário primeiro localizar qual é o parceiro mais sensível da cadeia, cuja insuficiência de insumos implicará em menos produtos, e conseqüentemente, perda de vendas ao consumidor final.

Por outro lado, este mesmo parceiro continuará não contribuindo com o aumento das vendas, caso a quantidade de insumos seja maior que sua capacidade de produção, posto que a quantidade de produtos acabados será limitada.

Para isto, faz-se necessário compreender o mecanismo de planejamento da demanda, e como a sua correta aplicação auxilia neste processo de localização estratégica deste parceiro.

#### 2.3.6.2 Planejamento da demanda e posicionamento estratégico dos estoques

É bem sabido que a acuracidade do processo de previsão depende, dentre outros fatores:

- da obtenção de informações acerca da estimativa sobre vendas agregadas (para famílias de produtos, para um mercado regional ou para um grupo de clientes) ou vendas individuais para clientes finais;
- da posição relativa (próxima ou distante ao cliente final) de um membro da cadeia que estimará a previsão.

Sendo a acuracidade da previsão de consumo desigual para diferentes pontos na cadeia de suprimentos, é muito importante identificar qual é o parceiro mais adequado para uma estimativa de vendas mais precisa aos clientes finais.

Por esta razão, a cadeia como um todo deve adotar os resultados das previsões para:

- o planejamento de produção e de distribuição;
- o cálculo dos níveis de estoques;
- os pedidos de reposição; e assim por diante.

Seguindo este raciocínio, Goldratt *et al.* (2000) estabelecem, deste modo, que o estoque deveria ser concentrado nos lugares em que a previsão na cadeia é mais precisa.

Considerando-se que a precisão de uma demanda regional piora pelo fato de a escala ser menor, o mesmo não ocorre para as vendas totais de toda a carteira de clientes.

Sendo assim, faz sentido manter o estoque nos lugares em que a previsão da demanda por eles seja a estimativa de consumo para toda a carteira de clientes finais (GOLDRATT *et al.*, 2000).

E onde, na cadeia de suprimentos, seriam estes lugares?

Resposta: **os estoques de expedição das fábricas são esses lugares**, pois uma fábrica produz para todos os clientes (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Sendo assim, devemos assegurar os níveis necessários de estoques de produtos acabados para que as fábricas não interrompam a manufatura dos lotes adequados de produção, visando atender a demanda total dos clientes finais.

Em outras palavras, um dos parâmetros para determinação das estimativas de vendas é fundamentado, sob o aspecto das ciências estatísticas, pelo tamanho da amostra da população a ser estudada (neste caso representado pela dimensão da população de consumidores).

Desta forma, segundo os métodos estatísticos adotados, pode-se afirmar basicamente que quanto maior a amostra, menor o desvio-padrão (menor a amplitude das flutuações de vendas), e vice-versa.

Analogamente, as demandas em cada ponto da cadeia de suprimentos são determinadas basicamente pela proporcionalidade do tamanho da amostra em relação à grandeza da população de consumidores finais.

Deste mesmo modo, as flutuações das demandas locais previstas são relativamente significativas, justamente pelo fato da escala ser regional, e conseqüentemente o tamanho da amostra da população estudada ser reduzido.

O mesmo não procede nas fábricas, pois neste ponto da cadeia as flutuações regionais estão diluídas, posto que o tamanho da amostra analisada considera o atendimento da demanda total dos clientes finais.

Se esta é a natureza do comportamento probabilístico das previsões sobre as demandas dentro de uma cadeia de suprimentos, então por que não segurar os estoques de produtos acabados nas fábricas, ou seja, no lugar onde os bens são produzidos?

Isto pode ser explicado **pelo fato desta nova perspectiva ser conflitante com a realidade dos sistemas de distribuição tradicionais, justamente por terem sido concebidos principalmente para manter os estoques perto dos clientes**, a fim de minimizar as perdas de vendas causadas pelos *lead-times* muitos extensos, e também devido ao pretexto de que os clientes esperam que seus pedidos sejam entregues no mesmo dia.

Mas, de acordo com a TOC, concentrar maiores estoques de produtos acabados nos **pulmões de expedição** das fábricas é a decisão correta a ser tomada, desde que também haja **pulmões reduzidos de estoques nos distribuidores**, pois quando a fábrica produzir para repor o pulmão de um depósito, o excedente produzido ficará armazenado na própria fábrica, em vez de despachá-los para todos os distribuidores, onde, muitas vezes, a reposição não é necessária (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Uma vez que o consumo do pulmão de expedição da fábrica será em função da demanda de todos os clientes finais da cadeia, sujeito então a menores variabilidades, o giro do estoque na fábrica será significativamente rápido.

#### 2.3.6.3 Segundo passo: explorar a restrição no SCM

A partir da compreensão e da aceitação do processo lógico explanado na seção 2.3.6.2, é possível então passar para a próxima etapa: não desperdiçar os clientes que vêm até você (KENDALL, 2007). Isto significa garantir produtos prontamente disponíveis aos consumidores finais, nos varejistas e lojistas.

Para isto, é necessário adotar um mecanismo que garanta a reposição imediata de cada item recém-vendido. E é neste contexto que a política de reabastecimento delineada pela TOC ao SCM vem agregar eficácia e otimização a este processo.

Na realidade, a TOC evidencia que se substituirmos o procedimento tradicional de reposição dos estoques nos distribuidores e varejistas, baseados em níveis estipulados pela previsão das vendas, e adotarmos em seu lugar a reposição somente quando um produto é vendido, os depósitos e lojistas farão os pedidos apenas quando o estoque atingir um nível mínimo de segurança.

A recuperação dos níveis dos pulmões estará garantida antes da próxima venda, posto que o *lead-time* de reposição é determinado simplesmente pelo tempo despendido durante o transporte para reabastecimento, dimensionado dentro de cada ciclo.

Suponha por exemplo que, em um determinado depósito, a quantidade de venda diária de vários tipos de artigos (produzidos por uma mesma fábrica) seja proporcionalmente pequena quando comparada à quantidade total de vendas da cadeia.

Se levarmos em consideração todo o *mix* de produtos vendidos e suas respectivas quantidades, somadas também ao *mix* de artigos vendidos pelos outros depósitos regionais, essas quantias diárias a serem repostas pela fábrica são suficientes para encher um caminhão (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Em outras palavras, a idéia é manter estoque suficiente nas fábricas (conceito do pulmão de expedição da TOC), e recompor os níveis dos estoques dos depósitos somente após o consumo real pelos clientes finais (distribuição segundo o sistema “puxado”, abordado no capítulo 2.3.2). Os estoques são mantidos nas fábricas e retirados delas de acordo com o que foi realmente vendido aos clientes (GOLDRATT *et al.*, 2000).

O tempo de reposição é mais preciso, pois se todos os produtos estiverem disponíveis na fábrica, o *lead time* será reduzido à extensão do tempo de entrega, mostrando-se mais confiável do que planejar a manufatura de um *mix* de produtos solicitados.

Deste modo, é possível trabalhar atendendo-se aos níveis de estoques realmente necessários, liberando mais caixa e, ao mesmo tempo, praticamente eliminando-se (GOLDRATT *et al.*, 2000):

- a) a troca de estoque entre os depósitos;
- b) a falta de produtos nos depósitos;
- c) a demora no tempo de resposta.

Como consequência desta nova abordagem, as fábricas nunca terão de produzir pequenas quantidades, e devido a isto, poderão melhorar o serviço oferecido aos depósitos, pois se todos os produtos estiverem disponíveis na fábrica, ela então será

capaz de repor o pulmão de cada depósito periodicamente (diariamente, bi-semanal ou semanal), repondo, se necessário, um a um cada depósito, através de um plano de distribuição adequado em que os despachos sejam feitos com o caminhão cheio. Isto será economicamente viável.

#### 2.3.6.4 Terceiro passo: subordinar todo o sistema de SCM à restrição

Se o máximo desempenho do sistema é limitado pelo desempenho da restrição, neste caso representado por atender a demanda do mercado (KENDALL, 2007), como atender este requisito, porém com o compromisso de fazê-lo ao menor custo, tanto de inventário quanto de distribuição?

O elemento fundamental para esta etapa está no correto emprego da corda, de acordo com o sistema TPC para o SCM (abordado no capítulo 2.3.5).

Se o tambor é o mercado (capacidade do RRC maior do que a demanda), as cordas do TPC-simplificado são os instrumentos de comunicação que garantirão a subordinação do pulmão de expedição ao que realmente é debitado dos pulmões reduzidos dos distribuidores e varejistas, reflexo direto das vendas no consumidor final.

Caso contrário, se há um RRC ativo (recurso menos eficiente da fábrica menos produtiva), este será responsável por desempenho do sistema em atender o mercado. Para esta situação, o TPC tradicional poderá ser adotado internamente, desde que o pulmão de expedição desta fábrica esteja conectado, através das cordas, aos pulmões reduzidos dos distribuidores e varejistas.

Desta forma, assegura-se que tanto o RRC quanto o pulmão de produtos acabados da fábrica estejam sincronizados com o consumo real do mercado, através do monitoramento de todos os pulmões ao longo do sistema, tanto da fábrica (tambor, convergência e expedição) quanto da cadeia de suprimentos (expedição, depósitos e varejistas).

Em resumo, todo o sistema está subordinado ao tambor, neste caso representado pela disponibilidade de bens aos clientes finais. E na falta de produtos, a depreciação



dos resultados da cadeia será impossível de ser recuperada, pois o cliente que não encontrar uma mercadoria irá procurar o produto na concorrência.

Deste modo, protegendo-se o tambor, estamos então protegendo indiretamente todo o sistema. A postura de planejamento e controle desloca-se então da visão geral de monitoramento de todas as variáveis do sistema para uma visão de gerenciamento da restrição, associada ao gerenciamento dos pulmões (visto na seção 2.3.6.2).

E o principal ponto de controle passa a ser o pulmão de expedição da fábrica, pois caso este seja totalmente consumido, nenhum outro processo na cadeia será mais ineficiente do que a recomposição dele, comprometendo a distribuição aos distribuidores e varejistas, mesmo com reposição diária.

Concluindo, a subordinação ao tambor permite controlar todas as outras variáveis indiretamente, através da subordinação do sistema ao elemento que o restringe aumentar os ganhos.

### **2.3.7 Considerações finais sobre a aplicação da TOC e o gerenciamento das restrições no SCM**

De forma geral, o gerenciamento das restrições no SCM é compreendido pela administração da cadeia de suprimentos focalizada no mercado (a restrição), através do emprego da lógica e das ferramentas da TOC.

Toda esta arquitetura é suportada pelos os fundamentos da TOC apresentados no capítulo 2.2, onde além da restrição, do processo de melhoria contínua e do TPC, o resultado final desta abordagem vem ao encontro:

#### **a) dos processos de raciocínio:**

- **O que mudar** (identificar causas-raiz):
  - i. as condutas localizadas nos ramos inferiores dos dilemas, representados pelas Figuras 13 e 14, que resultam no aumento desnecessário do inventário ao longo da SC;

- ii. as políticas tradicionais SCM baseadas em manter pulmões próximos ao consumidor final, a fim de não desperdiçar oportunidades de vendas.

- **Para o que mudar:**

- i. para uma estratégia que focalize os ganhos globais da cadeia de suprimentos, subordinando todos os resultados à demanda do consumidor final, eliminando o excesso de inventário, através da neutralização da visão míope de alguns parceiros em adotar políticas que maximizam localmente os resultados.

- **Como promover a mudança:**

- i. conscientização de todos os parceiros de que, enquanto o cliente final não comprar, ninguém na cadeia de suprimentos vendeu nada;
- ii. percepção das vantagens do fluxo contínuo (sistema puxado), principalmente pelo fato de que repassar excesso de produção para o sucessor implicará em interrupção dos pedidos nos períodos subsequentes, caso este excedente fique “encalhado” nos varejistas;
- iii. garantir a *performance* global através de métricas adequadas (a ser abordado na seção 2.3.8);
- iv. aplicação correta das ferramentas ARA, diagrama de dispersão de conflito, ARF, APR e AT.

**b) do mundo dos ganhos [ $RSI = LL/I = (G-DO)/(inventário+investimentos)$ ]:**

- de nada adianta a soma de todas as otimizações ou maximização dos resultados, promovidos individualmente por cada um dos parceiros na cadeia (ótimos locais) se houver um RRC ativo no menos eficiente deles. Ou ainda se todos produzem mais do que o mercado deseja consumir.

Ou seja, o ganho do sistema (G) continuará limitado como um todo, seja pelas vendas, seja pelo “gargalo” de produção. E com o agravante também dos investimentos empatados (I) e do aumento das despesas operacionais (DO);

Conseqüentemente, conforme salienta a TOC, o controle do fluxo do sistema deixa de ser feito pelos estoques e passa a ser feito através do gerenciamento dos pulmões de expedição nas fábricas (estoques de produtos acabados), dos distribuidores e varejistas/lojistas, estando todas as convergências do fluxo da SC subordinadas ao nível real de consumo do pulmão de produtos acabados nos pontos de consumo.

Apesar da impressão de estar aumentando os estoques nas fábricas, na verdade, este é um meio de reduzir significativamente o estoque total da cadeia, conforme ilustrado pela Figura 23

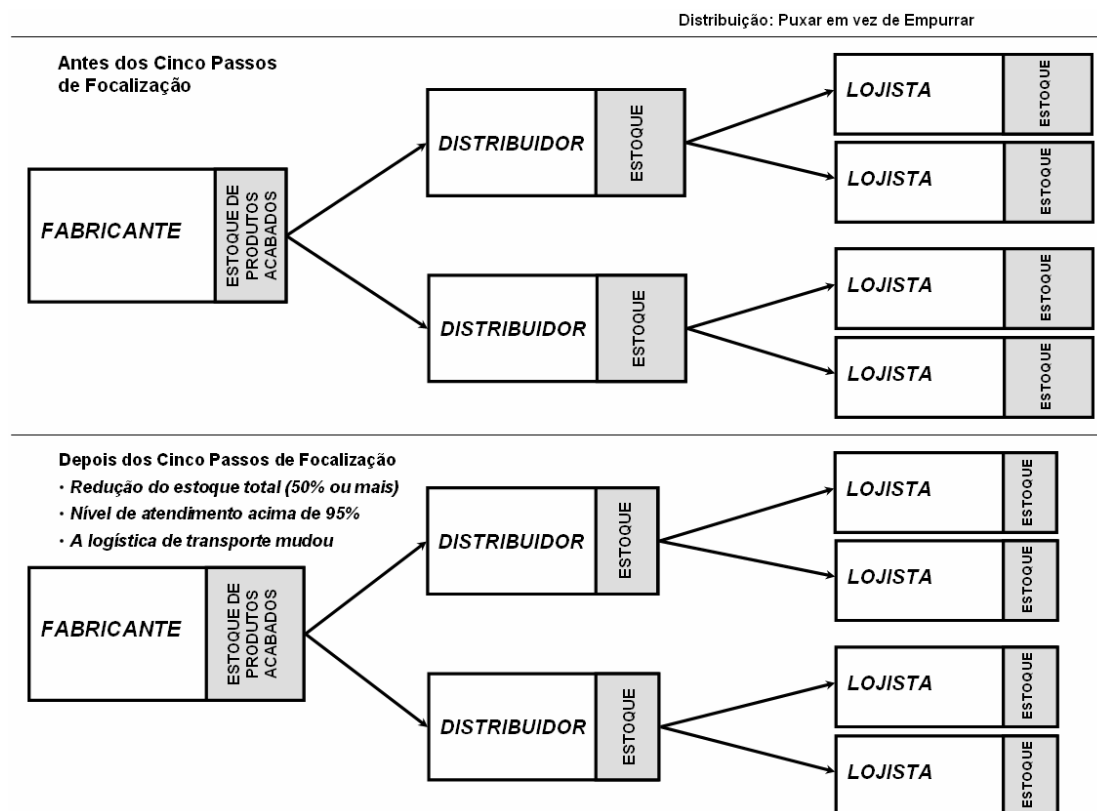


Figura 23 – Explorar e subordinar na distribuição (Fonte: Kendall, 2007).

### 2.3.8 Garantia de desempenho

Em relação ao cenário e ao comportamento convencionais apresentados na seção 2.3.6.3, verifica-se que sempre que as fábricas mandam algo para os depósitos, os atuais sistemas de medidas de desempenho premiam as fábricas com uma venda interna. O sistema não leva em conta se os depósitos precisam ou não do produto. As fábricas são recompensadas de qualquer forma (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Porém, esta prática reflete uma visão míope no curto prazo, pois quando uma empresa registra uma venda no momento em que envia seus produtos para a próxima empresa, a cadeia ainda não fez uma venda. Isso é o oposto do que faz sentido para o negócio no longo prazo, no qual uma venda é realizada apenas quando o último elo na cadeia de suprimentos vende para o consumidor final.

Verbalizando o conceito, a prática do dia-a-dia deveria ser: enquanto o consumidor final não comprar, ninguém na cadeia de suprimentos vendeu coisa alguma. O sistema deveria apenas creditar uma venda interna se a entrega for feita a um depósito que realmente precise do produto (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Se esta for então a prática adotada, isso deve fazer com que as fábricas parem de produzir apenas para parecerem boas nas medidas, não produzindo o que não é necessitado na distribuição. Porém, para fechar por completo o ciclo de benefícios, é importante que a maior parte disso chegue ao consumidor final. E enquanto o consumidor final não desfrutar disso, a cadeia não estará tendo o maior benefício: o aumento nas vendas (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Finalizando, o grande paradigma a ser quebrado para se garantir a eficácia da implementação da TOC ao SCM é: se a regra tradicional diz que “cada membro da cadeia de suprimentos gera receitas através das vendas aos seus parceiros diretamente sucessores”, então esta regra deve ser mudada para “as receitas dos membros da cadeia de suprimentos serão garantidas somente quando os produtos forem vendidos aos clientes finais” (SIMATUPANG *et al.*, 2004).

Em outras palavras, se cada fornecedor sabe que não será pago até que seu cliente realize a venda, então estes fornecedores estarão conscientes dos interesses de seus clientes, fazendo com que os elos individuais finalmente se comportem como

uma cadeia (GOLDRATT *et al.*, 2000). Desta forma, todos os envolvidos estarão combatendo o desperdício e, ao mesmo tempo, alinhando as metas em direção aos resultados globais da cadeia, ou seja, atender as expectativas dos clientes finais.

Adicionalmente, deve-se garantir a percepção do desperdício, baseando-se na gestão através de uma estrutura hierarquizada de indicadores locais e globais, em que os membros da cadeia podem também se utilizar destes indicadores para avaliar como os outros parceiros estão contribuindo para os indicadores globais de desempenho.

Torna-se importante, então, também mensurar o grau de confiabilidade dos mesmos, tanto através do **inventário-dinheiro-dia**, que é a **multiplicação do valor do estoque pelo número de dias que ele fica sob a responsabilidade da fábrica** (tempo entre o pedido dos produtos e a rapidez em transferi-los para o mercado), como também pelo **ganho-dinheiro-dia**, que significa mensurar **o valor dos pedidos atrasados multiplicado pelo número de dias em atraso**.

Conforme acrescenta Goldratt *et al.* (2000), todos os parceiros serão medidos não apenas pelo inventário-dinheiro-dia, mas também pelo ganho-dinheiro-dia. Afinal, confiança garantida só é crível desde que existam medidas que sirvam como vigilância. E desde também que estas mesmas medidas operacionais sejam empregadas tanto dentro de cada elo como entre os elos.

A Figura 24 exemplifica uma estruturação destes indicadores, sugerida por Simatupang *et al.* (2004), contendo medidas individuais e globais, propondo uma disposição hierárquica entre eles.



Figura 24 – Estrutura hierarquizada dos indicadores de desempenhos locais e globais. Foco nos aspectos colaborativos (Fonte: Simatupang *et al.*, 2004).

É muito importante ressaltar novamente que a proposta em desenvolvimento nesta pesquisa é orientada para cadeias de suprimentos com demandas baseadas em previsões, calculadas através do histórico de consumo, sazonalidade de vendas, análise de séries temporais e tendências do mercado presente e futuro.

Porém, de nada adianta se o comportamento da cadeia não migrar deste sistema “empurrado” (baseado em previsões) para o sistema “puxado” (movimentado pelo consumo real), posto que as estimativas de consumo são adotadas como constantes, e pressupondo como determinísticos os parâmetros de mercado utilizados como referência. Ou até que algum destes parâmetros adotados seja afetado significativamente.

É particularmente importante ressaltar também que, devido aos paradigmas tradicionais no uso das ferramentas convencionais de SCM, ainda verifica-se muita resistência, por parte das empresas, em aceitarem trabalhar com altos níveis de produtos acabados nas fábricas, conforme propõe a aplicação da TOC ao SCM.

Mesmo que o giro de estoque seja bastante dinâmico (multiplicação do valor do estoque pelo número de dias que ele fica sob a responsabilidade da fábrica).

O novo e ideal paradigma a ser adotado no uso da TOC ao SCM pode ser descrito como segue: pode ser mais lucrativo um alto nível de produtos acabados, porém com menor tempo de permanência no estoque (giro rápido), associado a estoques de segurança reduzidos (pulmões) ao longo da SC até o consumidor final. E com a soma de todas as demandas dos consumidores finais, aumenta o tamanho da amostra. E quanto maior a amostra, menor o desvio padrão (ou seja, menores as variações da demanda).

Vale recomendar também que, em se tratando de uma tomada de decisão estratégica, estudos devem ser feitos através dos modernos recursos de simulação, através dos quais o comportamento no ambiente da cadeia de suprimentos tradicional (com base nas informações históricas de produção, armazenagem, transporte e distribuição) pode ser comparado com o mesmo cenário, porém adotando-se a metodologia da TOC na distribuição.

Para isto, os parâmetros iniciais recomendados podem ser adotados com base nos seguintes perfis:

- a. Histórico de consumo **diários** de todos os pontos de venda que atendem os clientes finais;
- b. *Lead-time* de transporte dos distribuidores até os pontos de venda (varejistas e lojistas);
- c. *Lead-time* de transporte das fábricas até os distribuidores;
- d. Capacidade de recebimento de insumos e matérias-primas dos fornecedores;
- e. Capacidade dos *set-ups* e de manufatura das fábricas, com base no dimensionamento dos lotes econômicos de produção;
- f. **Dimensionamento dos pulmões** reduzidos nos distribuidores e nos pontos de venda (varejistas e lojistas), **baseados nos *lead-times* de transporte reposição**, determinado pela capacidade de manufatura, expedição e transporte das fábricas (conceito de *time-buffer*).

Este último ponto (letra “f”) é uma das mais importantes premissas a serem adotadas para a simulação, posto que os pedidos de reposição serão colocados quando a quantidade disponível em estoque for menor do que o pulmão reduzido previamente dimensionado.

Como é desejável que a frequência de reposição seja diária (ideal), o reabastecimento ocorrerá antes que o produto acabe, pois o mesmo será repostado no dia seguinte, apenas na quantidade suficientemente necessária para que este pulmão reduzido recupere seu nível previamente estipulado.

Apesar dos resultados das simulações aumentarem os níveis dos pulmões de expedição nas fábricas (o que é esperado quando se emprega o mecanismo da TOC no SCM), os volumes totais de inventário na cadeia como um todo são menores.

É a partir deste ponto que iremos iniciar o desenvolvimento de uma proposta de otimização viável e, de certa forma, exclusiva e inédita no meio acadêmico, como suplemento a fim de diminuir ainda mais os estoques de produtos acabados nas fábricas, mesmo que os níveis globais de inventário da SC já tenham sido reduzidos após a aplicação da TOC ao SCM.

#### *2.4 VENDOR-MANAGED INVENTORY (VMI), BUSINESS-TO-BUSINESS (B2B) E ADVANCED PLANNING AND SCHEDULING (APS)*

A influência do “mundo do empurrar” conduz as empresas a trabalharem com previsões e estimativas, motivo este que institui aos administradores empregarem como parâmetros de planejamento as médias históricas dos elementos dos sistemas de SCM, dentre eles as vendas diárias, o tempo de entrega e a produtividade (TAYLOR, 2004). Porém, estes componentes integrantes dos sistemas empresariais manifestam uma variabilidade natural, mesmo quando bem administrados.

Em oposição a isto, as cadeias de suprimentos sofrem com as flutuações reais do mercado, e são os valores reais das demandas que irão prescrever o comportamento reativo ao planejado. E quanto maiores as oscilações destes valores, mais sensível e complexo se torna o SCM, tornando-o mais suscetível às instabilidades dos processos.



Se um item planejado não estiver disponível no prazo, este poderá propagar uma série de replanejamentos em cadeia em todos os processos sucessores (compras e suprimentos), provocando paradas, mudanças de linhas e WIP, atrasando e comprometendo drasticamente os prazos contratados com o cliente.

Em busca da minimização destes problemas, as parcerias estratégicas e o ambiente colaborativo entre os membros da cadeia de suprimentos apresentam-se então como elementos fundamentais para o gerenciamento dos inventários de acordo com a aplicação da TOC ao SCM (UMBLE; UMBLE, 2002).

A necessidade destas parcerias, em conjunto com o propósito da aplicação da TOC ao SCM em alcançar as melhorias desejadas, propiciam desta forma um ambiente cujos objetivos vêm ao encontro de uma outra estratégia de SCM colaborativo, denominada estoque gerenciado pelo fornecedor (*vendor-managed inventory* – VMI) (VIGTIL, 2006).

Assim como a TOC, segundo Yao *et al.* (2007), o VMI propicia a diminuição dos estoques, ao mesmo tempo incrementando o desempenho em seus processos de reabastecimento e reposição (HOLMSTRÖM, 1998), melhorando os níveis de serviços prestados para atender as demandas do consumidor final (KULP *et al.*, 2004).

Em adição a isto, de acordo com Disney *et al.* (2003), para o êxito na implementação e utilização do VMI, é necessário que uma grande quantidade de informações seja transferida e compartilhada entre os membros predecessores e sucessores da cadeia de suprimentos, mais especificamente em relação aos dados sobre vendas dos consumidores finais e dos níveis de estoque dos compradores (clientes internos).

Ainda segundo Disney *et al.* (2003), esta estratégia tornou-se economicamente viável somente a partir do advento e difusão do comércio eletrônico, o que coloca as ferramentas de *internet* baseadas nas soluções *business-to-business* (B2B) como um componente essencial a ser integrado junto à TOC e ao VMI, visando ao suporte no intercâmbio de informações entre os elos da cadeia de suprimentos.

Em função deste cenário, com o objetivo de então robustecer este sistema de SCM proposto, o VMI e o B2B são consolidados junto a TOC, levando a diminuir ainda mais os níveis globais de inventário na cadeia, ao mesmo tempo suavizando os

efeitos indesejados causados pela flutuação do consumo previsto, através da minimização da amplificação da variabilidade da demanda, observada em todos os níveis do sistema, fenômeno este também conhecido como efeito chicote (*bullwhip effect*), conforme referenciado por Lee *et al.* (2004) e Umble e Umble (2002), e abordado na seção 2.1.2.

#### 2.4.1 *Vendor-Managed Inventory (VMI)*

Segundo Santos *et al.* (2007), o VMI pode ser definido como um sistema de compartilhamento de informações de demanda e estoques na cadeia de suprimentos. Este sistema propicia a redução dos estoques e redução nos custos logísticos devido à minimização do efeito chicote. Disney e Towill (2003) afirmam que o efeito chicote pode ser reduzido, ou mesmo eliminado, através do uso do VMI.

O VMI vem sendo utilizado pelas empresas na busca da minimização dos estoques, porém sem a redução do nível de serviço ao consumidor (SANTOS *et al.*, 2007). Taylor (2004) pondera que os estoques gerenciados pelo fornecedor têm como inovação “a forma como se distingue controle e posse, os quais normalmente eram transferidos ao mesmo tempo”. Santos *et al.* (2007) acrescentam que com VMI, as redes varejistas mantêm a posse sem necessariamente manter o controle.

Porém, sua difusão ocorreu somente entre as grandes redes varejistas, justamente por ter sido desenvolvido no mercado de bens de consumo (*consumer goods*). Devido à maior complexidade da logística interna de manufatura e aquisição presentes nas empresas manufatureiras, sua implementação é mais complexa, sendo necessárias algumas customizações no modelo básico (voltado para bens de consumo) nestes tipos de organizações.

O VMI é ilustrado na Figura 25 (adaptada de TAYLOR, 2004), e comparado com os modelos convencional e de consignação, que foram muito aplicados nas décadas de 80 e 90. Taylor (2004) afirma que no VMI “o fabricante passa a receber atualizações constantes sobre o nível dos estoques no varejista e o reabastece conforme necessário, sendo que o varejista mantém a posse dos produtos a serem entregues. Isso permite mais visibilidade aos fabricantes sobre a venda de seus produtos”.

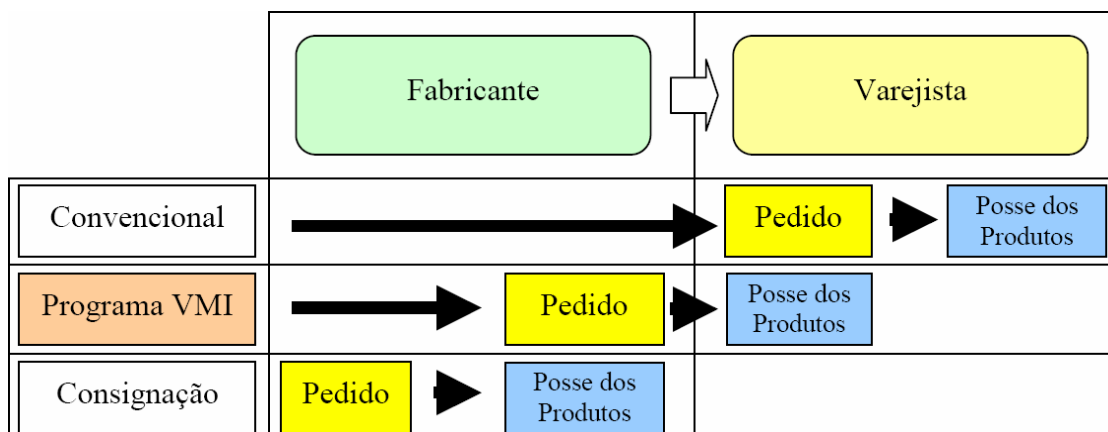


Figura 25 – Ilustração dos sistemas: convencional, VMI e consignação (Adaptado de Taylor, 2004).

Ainda de acordo com Taylor (2004), o controle dos níveis dos estoques e os pedidos de produtos não precisam mais ser administrados pelos varejistas, benefícios estes possíveis graças ao sistema VMI. Em adição a isto, as empresas “precisam de menos estoques, às vezes apenas metade do que manteriam em outros sistemas” (TAYLOR, 2005).

O VMI atua na melhora da comunicação entre cliente e fornecedor, minimizando o efeito chicote. Porém, considera somente a logística externa no relacionamento das empresas, desprezando os problemas encontrados na logística interna (SANTOS *et al.*, 2007).

Como proposta de solução para estes problemas de logística interna, conforme abordado anteriormente, o conjunto de ferramentas da metodologia da TOC aplicada para manufatura (processo de focalização em 5 etapas; programação tambor-pulmão-corda; processos de raciocínio; e indicadores ganho-inventário/investimento-despesa operacional) se mostra adequado para esta questão, e será evidenciado através da implementação prática a ser abordada no capítulo 4.

Outra limitação para a eficiência do modelo é a necessidade de um sistema de comunicação muito eficiente (SANTOS *et al.*, 2007). Para isto, a proposta deste estudo adota as ferramentas de B2B através da *internet*, utilizada em conjunto com o VMI.

Entretanto, segundo Chopra e Meindl (2003), é particularmente importante ressaltar que o VMI, quando empregado nas cadeias de suprimentos convencionais, pode apresentar uma desvantagem. Isto se explica justamente no caso de clientes que

consomem (ou vendem) produtos de fabricantes (ou fornecedores) concorrentes, posto que cada fornecedor poderá ignorar o impacto das substituições de seus produtos pelo competidor (a critério do cliente), ou ainda pela flutuação da demanda dos seus produtos em relação à concorrência.

Sob este aspecto, o modelo e a aplicação prática (a serem expostos nos capítulos 3 e 4), operaram subordinados ao sistema empurrado, provendo uma potencial contribuição a fim de minimizar este aspecto.

#### 2.4.2 *Internet e business-to-business (B2B)*

Segundo Santos *et al.* (2007), a comunicação entre as empresas vem sofrendo profundas alterações com o advento da popularização da *internet*, uma vez que esta vem propiciando a inclusão de empresas que não tinham acesso a esta tecnologia, para então ingressarem nos comércios eletrônicos populares.

##### 2.4.2.1 *Internet*

“A revolução da tecnologia da informação é um evento histórico, pois introduziu um padrão de descontinuidade nas bases materiais da economia, sociedade e cultura” (NOVAES, 2004b).

Segundo Stefansson (2002), a troca eletrônica de dados tem aproximadamente 30 anos. Porém, não alcançaram de forma significativa as pequenas e médias empresas, que corriam o risco de serem definitivamente excluídas da integração de seus sistemas logísticos na cadeia de suprimentos. Todavia, o advento da *internet* e os conceitos de negócio eletrônico mudaram estas perspectivas para estas empresas (SANTOS *et al.*, 2007).

Desta forma, dos quatro principais elementos despendidos em uma transação, o dinheiro, o tempo, a tensão e o esforço no transporte (NOVAES, 2004a), a *internet* ajudou a reduzir dois deles: o tempo das transações e a tensão gerada durante este processo (SANTOS *et al.*, 2007).

Além disso, Santos *et al.* (2007) destacam que, na atualidade, a *internet* de alta velocidade (banda larga) está disponível em grande parte das empresas de pequeno porte, e na maioria das empresas de médio porte, o que contribui para a inclusão destas empresas no mundo da comunicação digital, viabilizando a implementação de sistemas de comunicação eletrônica.

#### 2.4.2.2 *Business-to-business* (B2B)

Para Santos *et al.* (2007), o B2B é uma forma popular de representar a expressão *business-to-business*, que se refere à realização de negócios entre duas empresas através da internet. O comércio eletrônico integrado ao B2B provocou profundas transformações nos relacionamentos e no modo de operação das cadeias de suprimentos (MASON *et al.*, 2003). O aprimoramento da *internet* habilitou a troca de informações comerciais entre as empresas, vinculando almoxarifados e garantindo um melhor nível de informação em toda a cadeia de suprimento (SANTOS *et al.*, 2007).

Para Santos *et al.* (2007), é particularmente importante que com o advento da *internet* de alta velocidade foi possível a comunicação em tempo real dos dados entre as empresas, as quais disponibilizam, em portais, sistemas de troca de informações referentes ao negócio em andamento entre as partes envolvidas.

A redução do custo e conseqüente popularização da *internet* de alta velocidade vêm viabilizando a difusão dos sistemas eletrônicos de comunicação empresarial via WEB, para as pequenas e médias empresas. Porém os sistemas de segurança não evoluíram com a mesma velocidade, o que vem causando grande preocupação aos administradores, que se deparam com a possibilidade de fraudes e perda de privacidade, com o risco de prejuízos imensuráveis (SANTOS *et al.*, 2007).

A Figura 26 ilustra, de forma esquemática, um sistema de TI clássico entre as empresas. O VMI e o B2B se encaixam nesta categoria, operando através de portais personalizados baseados na WEB para a troca de informações relevantes.

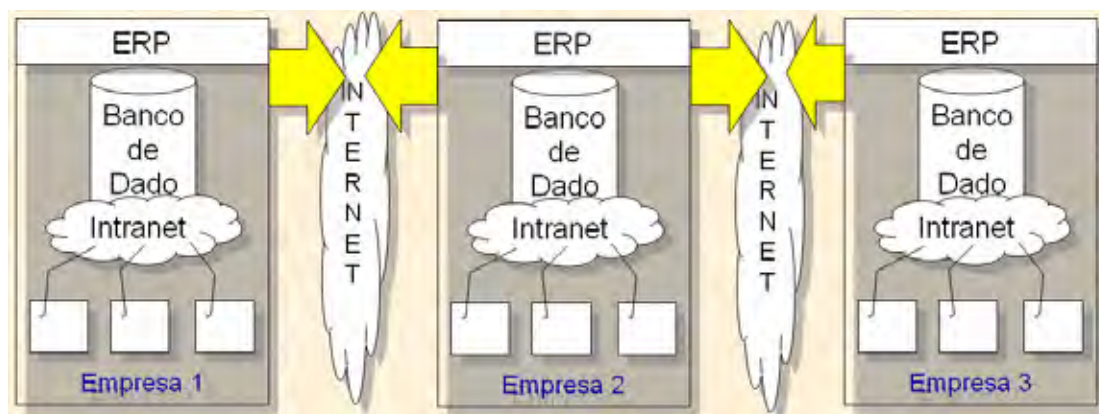


Figura 26 – Ilustração dos sistemas de TI (Murta<sup>10</sup>, 2008)

### 2.4.3 *Advanced planning and scheduling (APS)*

A evolução e o aprimoramento dos modelos de SCM demandaram um conseqüente aumento da necessidade em se utilizar os sistemas de tecnologia da informação e comunicação (TIC) como suporte às suas operações.

De forma geral, estes sistemas de TIC possuem uma arquitetura para análise de dados através de uma comunicação integrada entre os ERPs de duas ou mais empresas, viabilizando então estas a utilizarem o planejamento e programação avançados (*advanced planning and scheduling* – APS).

Para Hugos (2003), o sistema APS é composto por modernas ferramentas analíticas, cujo principal propósito é determinar e compartilhar informações sobre a capacidade de manufatura das empresas, a disponibilidade de material ao longo da cadeia, e o conhecimento da demanda do cliente. Estes sistemas geram programações sobre o que deve ser produzido, em qual fábrica e em que momento, tendo como *inputs* as informações extraídas dos ERPs das empresas.

A importância é justificada pelo fato de que muitos dos aplicativos incluídos nos pacotes de ERP são diretamente relevantes para as atividades de SCM.

Porém, o VMI (como módulo de um ERP) e o B2B (como um portal externo de transmissão de informações entre empresas) geralmente se limitam a interações com

<sup>10</sup> ALVES, J. M. *Soluções e Práticas de Tecnologia da Informação e Comunicação na Cadeia de Suprimentos*. Notas de aula – ITA, 2008.

parceiros comerciais imediatos, ou seja, cada um engloba apenas um único elo na cadeia de suprimentos (vide Figura 26).

É neste contexto que um APS, funcionando através de um portal personalizado pela *internet*, permite a interface entre os dados das várias empresas em uma cadeia de suprimentos, com uma segurança garantida através do controle de acesso pelo administrador do sistema. A Figura 27 representa ilustrativamente esta arquitetura.

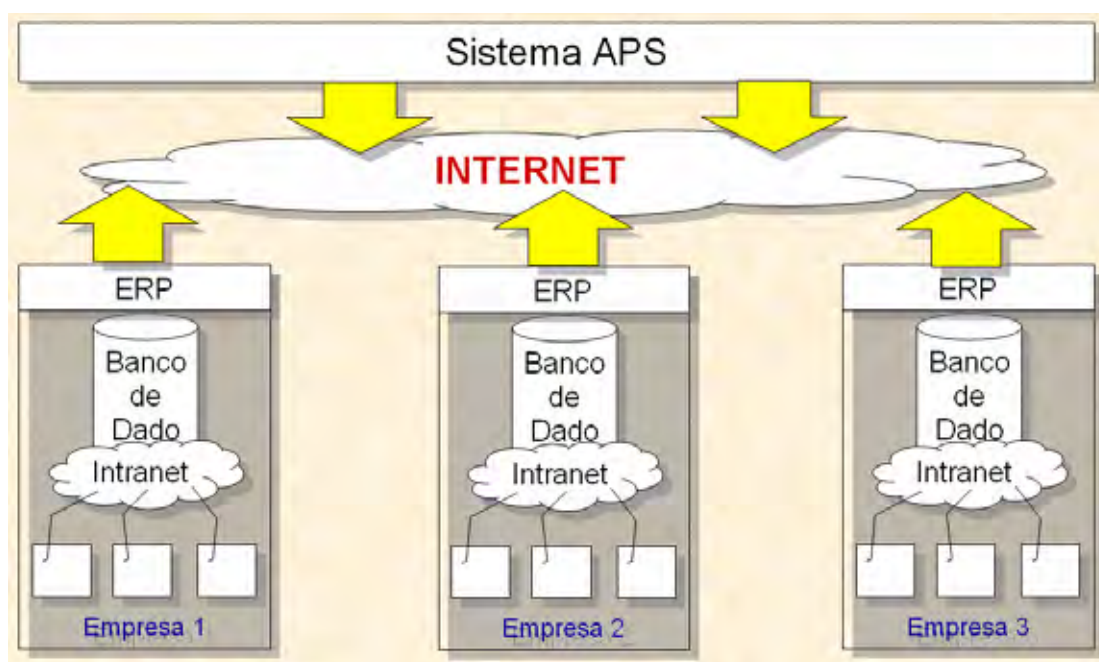


Figura 27 – Ilustração da nova arquitetura dos sistemas de TI através do APS (Murta<sup>11</sup>, 2008)

É comum também que algumas empresas adotem outras descrições e siglas para os APSs, podendo também ser denominados como “sistemas de apoio à decisão” (SAD), ou ainda “sistemas avançados de planejamento e seqüenciamento” (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2003).

De acordo com Sinchi-Levi *et al.* (2003), estes sistemas geralmente cobrem as seguintes áreas:

<sup>11</sup> ALVES, J. M. **Soluções e Práticas de Tecnologia da Informação e Comunicação na Cadeia de Suprimentos**. Notas de aula – ITA, 2008.

- Planejamento da demanda: baseada em dados históricos e no comportamento de consumo dos clientes;
- Planejamento de suprimentos: compreende planejamento estratégico da cadeia de suprimentos, planejamento de estoques, planejamento da distribuição, compras e “planejamento dos recursos de distribuição” (*distribution resource planning* – DRP, também conhecido como planejamento de transportes colaborativos);
- Planejamento e seqüenciamento da produção: inclui o MRP e o MRP-II.

Usualmente, os sistemas APS realizam seus processamentos através de ferramentas matemáticas baseadas em algoritmos de pesquisa operacional, utilizando as informações quantitativas disponíveis (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2003). Porém, ressalta-se que estas informações são oriundas de estimativas, novamente nos levando aos sistemas predominantemente “empurrados”, sujeitos às flutuações da demanda prevista e suas conseqüências, conforme abordado no capítulo 2.

Sob este aspecto, surge mais uma potencial contribuição do modelo a ser proposto (capítulo 3), baseado na TOC-VMI-B2B, a ser evidenciado na aplicação real (capítulo 4), justamente por operar subordinado ao sistema empurrado.



### **3 MODELO PROPOSTO: O SISTEMA HÍBRIDO DE TOC APLICADO AO SCM APOIADO PELO VMI-B2B**

A conjuntura conceitual até aqui pesquisada, desenvolvida e discutida, teve como objetivo central propiciar o entendimento e a compreensão para se viabilizar o SCM baseado nos preceitos da TOC.

É sensato também destacar que a pesquisa foi direcionada (espera-se que com a devida prudência) em se evidenciar não somente os prováveis benefícios, mas também as possíveis dificuldades, principalmente culturais e comportamentais, inerentes a todos os processos de transformação empresariais.

Contudo, para se atender a outro propósito desta pesquisa, mais precisamente em tornar exequível a aplicação prática da TOC no SCM em um processo de suprimentos, é necessário salientar que é recomendável agregar outras soluções e ferramentas auxiliares, a fim de suportar a transposição de toda a arquitetura teórica para a realidade corporativa.

Neste aspecto, a implementação real em uma empresa (a ser abordado no capítulo 4) contou com a adoção do *vendor-managed inventory* (VMI) e do *business-to-business* (B2B), como suplementos para a complementação da TOC na sustentação de uma solução robusta ao SCM, com resultados concretos, face às dificuldades envolvendo os conceitos teóricos desta metodologia *versus* a implantação real.

As Figuras 28 e 29 exibem uma proposta para este novo relacionamento entre fornecedores, fabricantes, distribuidores e varejistas, direcionando onde utilizar o gerenciamento dos pulmões para os estoques de produtos acabados, a fim de controlar o fluxo do SCM, no qual o VMI-B2B se integram como principal recurso de suporte para:

- a troca dinâmica de informações nos pontos de convergência, entre todos os envolvidos da SC, desde os varejistas e lojistas até os fornecedores;
- o compartilhamento dos planos de vendas e de produção;
- os dados sobre a situação, em tempo real, dos estoques entre todos os parceiros.



A Figura 28 representa o processo proposto para uma cadeia de suprimentos com um RRC ativo (explanado nas seções 2.3.3, 2.3.5 e 2.3.6.4), sendo descrita segundo a ordem lógica do sistema “puxado” (exposto nas seções 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4 e 2.3.6.3):

- 1º. - Os pulmões dos varejistas A, B, C, e D diminuem conforme os consumidores compram os produtos ao longo de um dia;
- 2º. - As cordas “VMI-B2B” informam em tempo real aos distribuidores X e Y sobre a necessidade de reposição das mercadorias consumidas nos varejistas;
- 3º. - Os distribuidores reabastecem os pulmões dos varejistas A, B, C e D imediatamente no dia seguinte;
- 4º. - O processo se propaga, comportando-se como uma reação em cadeia, onde outras cordas “VMI-B2B” informam instantaneamente a fábrica acerca de todas as mercadorias debitadas dos pulmões dos distribuidores X e Y durante o dia;
- 5º. - Do mesmo modo, o pulmão de produtos acabados da fábrica reabastece os pulmões dos distribuidores X e Y imediatamente no dia seguinte;
- 6º. - O consumo do pulmão de produtos acabados da fábrica movimenta toda a necessidade do fluxo interno de manufatura de acordo com a programação TPC;
- 7º. - As cordas “TPC-interno” garantem o fluxo contínuo, em que o consumo dos pulmões do tambor e de convergência disparam as necessidades para entrada de matérias-primas no sistema, bem como a demanda para montagens intermediárias, garantindo que todo o processo de manufatura esteja subordinado ao RRC (abordado na seção 2.2.1.3);
- 8º. - Novamente uma corda “VMI-B2B” informa instantaneamente aos fornecedores sobre todos os itens subtraídos do pulmão de matérias-primas durante o dia;
- 9º. - Seguindo o mesmo procedimento da fábrica e dos distribuidores, os fornecedores reabastecem o pulmão de matérias-primas da fábrica imediatamente no dia seguinte.

Resumindo, todo o processo descrito subordina a cadeia de suprimentos ao seu principal objetivo: atender a todas as oportunidades de vendas, não desperdiçando os clientes que vêm até você (KENDALL, 2007), garantindo mercadorias prontamente disponíveis nos varejistas e lojistas, a fim de atender todos os consumidores finais (discorrido na seção 2.3.6.3, “O segundo passo do processo de melhoria contínua: explorar a restrição no SCM”).

É particularmente importante destacar que toda a rede de comunicação, interconectando todos os pulmões através das cordas “VMI-B2B” e cordas “TPC-interno”, é o elemento fundamental do mecanismo responsável por subordinar toda a cadeia ao RRC ativo: a informação precisa, e em tempo real.

E a política de re-suprimento diária é essencial para complementar o desempenho da informação. Aqui vale ressaltar que a periodicidade de reabastecimento pode ser ajustada, dependendo das características peculiares que porventura um SCM necessitará demandar.

Todavia, é racional pressupor que longos períodos com o RRC ativo denotam a perpetuidade de uma demanda maior do que a capacidade da fábrica em atendê-la.

Posto isto, é necessário que os dirigentes de todas as empresas envolvidas no processo tomem decisões de abrangência estratégica e global. E segundo todo o processo de raciocínio lógico desenvolvido na seção 2.3.3 (o método TPC-simplificado), terminará impreterivelmente em três escolhas possíveis:

- a. Sustentar o fluxo da cadeia subordinada ao RRC ativo, até a depreciação completa do pulmão de produtos acabados na fábrica, e subseqüentemente de todos os outros pulmões reduzidos nos distribuidores e varejistas;
- b. Aumentar a capacidade do RRC ativo (quarto passo do processo de melhoria contínua: elevar a restrição);
- a. Declinar em atender aos pedidos dos clientes menos rentáveis, e gerenciar a cadeia de suprimentos segundo o método TPC-simplificado, em que a cadeia de suprimentos opera em regime com capacidade superior à demanda.

Se a alternativa “c” for a decisão mais adequada para os interesses do negócio, a Figura 29 representa então o processo proposto, porém adaptado para uma cadeia de suprimentos sem um RRC ativo, regido pelo método TPC-simplificado.





A descrição do processo da Figura 29, também convencionado ao sistema “puxado”, é congruente com o processo anteriormente descrito para a Figura 28, diferenciando-se apenas pelo emprego da corda “TPC-simplificado” dentro da fábrica, responsável por cadenciar o fluxo de entrada de materiais e fabricação de acordo com o consumo do pulmão de produtos acabados da fábrica.

Contudo, é particularmente relevante apresentar um último cenário, posto que este reflete exatamente a aplicação prática apresentada para evidenciar a viabilidade e os benefícios da proposta (a ser abordada no capítulo 4).

Se porventura a cadeia de suprimentos opera em regime com capacidade superior à demanda, pode também ser atraente para o negócio empregar o modelo descrito pela Figura 28. A diferença é que, apesar de não haver um RRC ativo, um recurso pode vir a ser eleito para exercer esta função, para o fim específico de gerenciar a cadeia de suprimentos parametrizada segundo o TPC tradicional. Porém, é prudente lembrar que esta escolha é contrária às recomendações de Schragenheim e Dettmer (2000b), conforme discutido na seção 2.3.3.

### 3.1 CONCLUSÕES SOBRE O MODELO PROPOSTO

Na fábrica, a previsão da demanda é mais precisa, pois as estimativas são baseadas para toda a carteira de clientes. Neste ponto da cadeia de suprimentos, todas as flutuações de mercado são diluídas pois, na média geral, é altamente provável que os produtos não vendidos em alguns pontos de consumo, venham a ser vendidos em outras lojas no mesmo período (quanto maior a amostra da população, menor o desvio padrão).

O ciclo de abastecimento deve obedecer uma periodicidade que seja suficiente para repor todos os pulmões reduzidos nos distribuidores e varejistas, assim que os mesmos são consumidos (se possível diariamente, dependendo do tipo de produto).

Para atender prontamente estas necessidades de reposição, é necessário que haja uma quantidade de produtos acabados em estoque para atender esta demanda global da cadeia. Porém, apesar das elevadas quantidades de produtos acabados nas fábricas, o

giro de estoque neste ponto da cadeia é rápido, justamente por se atender a demanda total de todos os clientes da cadeia.

A periodicidade ajustada de reabastecimento (ciclo diário) é essencial para evitar o efeito chicote.

Com isto, conforme mencionado por Umble e Umble (2002), é evidente a similaridade da forma de aplicação e dos potenciais benefícios propostos tanto pela TOC como pelo VMI, denotando que estes métodos podem, de forma complementar, serem empregados de maneira a alavancarem mutuamente as suas potencialidades, através da integração de todos os parceiros na cadeia de suprimentos, desde os fornecedores de insumos primários até os clientes finais.

No capítulo 4, uma aplicação real é apresentada, na qual a TOC, o VMI e o B2B foram aplicados conjuntamente em associação ao SCM da Siber do Brasil S.A., uma empresa multinacional de médio porte, localizada no Brasil.

A solução implantada utiliza um sistema de ERP chamado *Customer Integrated System* (CIS). O módulo logístico do CIS administra uma ferramenta VMI, a qual trabalha na redução do efeito chicote, com conseqüente minimização do inventário geral.

O TPC da TOC é adotado internamente em substituição ao MRP II, para administração da logística e estoques internos, através de um planejamento produtivo com foco no cliente e na gestão dos recursos restritivos de capacidade.

A interface entre a empresa e seus fornecedores é efetuada de forma eletrônica, através de um portal B2B na *internet*, garantindo agilidade e eficiência na distribuição das informações.

Serão apresentados os resultados obtidos no SCM após a solução TOC-VMI-B2B ter sido implementada, permitindo ao sistema operar como um APS através da *internet*.



## 4 APLICAÇÃO REAL DO MODELO PROPOSTO: O CASO SIBER DO BRASIL S.A.

O propósito desta seção é descrever a aplicação do modelo híbrido proposto de SCM baseado na TOC-VMI-B2B, implementado na Siber do Brasil S.A., o qual integra a empresa com todos os seus parceiros e clientes na cadeia de suprimentos, através do compartilhamento de informações entre os ERPs, propiciando a este modelo operar como um sistema de planejamento e programação avançados (*advanced planning and scheduling* – APS), resultando em um eficiente SCM voltado para as necessidades do mercado.

### 4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA E CENÁRIO

A Siber do Brasil S.A. é uma empresa multinacional italiana de médio porte, voltada para o mercado de componentes eletro-mecânicos e eletrônicos voltados para a manufatura de produtos para linhas de eletrodomésticos. Possui duas plantas no Brasil, localizadas em São José dos Campos e Guararema, no estado de São Paulo.

Característica de mercado, manufatura e produto (SANTOS, 2005):

- Grandes volumes de produção: 45.000 produtos por dia;
- Componentes montados em dois ou três níveis em sua árvore-de-produto;
- Tipos de produtos: interruptores ligados a cabos elétricos e componentes eletrônicos, resistências a *quartz* para o processo de douração em fornos de micro-ondas e fogões convencionais, dentre outros;
- Linha de produção com montagem de um *mix* aproximado de 300 produtos, cada um deles composto de 10 a 15 componentes diferentes;
- Total de 800 tipos de diferentes componentes no estoque.

Conforme discorrido no capítulo 2.1 deste trabalho, o diferencial competitivo de uma empresa se concentra hoje na excelência da gestão envolvendo logística, armazenagem e abastecimento, alinhada à estratégia de aquisição e gestão do seu processo de manufatura.

Devido ao ambiente cada vez mais competitivo e globalizado, a concorrência tem migrado das empresas para o SCM. Deste modo, o gerenciamento limitado ao conhecimento técnico e à manufatura dos produtos é condição necessária, mas não suficiente, para o sucesso empresarial, devendo ser estimulada a pesquisa por estratégias administrativas capazes de promover um serviço de excelência aos clientes.

É neste contexto que a Siber do Brasil se encaixa. No final da década de noventa, mesmo com uma vasta propriedade sobre o domínio tecnológico peculiar em seu ramo, aliado a uma forte experiência em seu seguimento de mercado, a companhia necessitava redirecionar suas estratégias empresariais de gestão, pois a busca pela perpetuidade da empresa frente ao cenário competitivo levou seus dirigentes a romperem definitivamente com os paradigmas empresariais existentes, para então implementarem novas estratégias que viabilizassem o re-direcionamento da empresa em direção ao mercado e ao lucro.

O cenário no qual a empresa se encontrava pode ser resumidamente descrito, conforme segue:

- dificuldades financeiras;
- flexibilidade de produção depreciada;
- *lead-time* de entrega de até 6 semanas, levando os clientes a freqüentes interrupções e mudanças de programação de produção;
- altos níveis de inventário, com estoques acumulados para uma demanda de até 5 meses, porém sem garantia de todos os componentes necessários para montar os produtos demandados pelos clientes;
- conseqüentes dificuldades financeiras, em função de capital-de-giro “empatado” nos estoques e postergação das receitas devido os atrasos nas entregas.

Para a mudança deste cenário, um dos problemas-raiz diagnosticados foi a predominância e o uso de informações dispersas e desatualizadas acerca de:

- estrutura de produtos;
- capacidade de produção das células de manufatura;

- controle de materiais e estoques (quantidades, empenhos de ordens de produção e materiais em processo);
- cruzamento dos estoques com o planejamento de suprimentos;
- capacidade de produção e entrega dos fornecedores, e acuracidade de seus respectivos lotes econômicos de compras.

Além disto, é importante destacar mais duas questões:

- a desconexão destas informações com a realidade dos planos de produção para se atender o mercado;
- a extensão deste mesmos problemas para todos os outros parceiros da cadeia de suprimentos, em que o sistema “empurrado” contribuía também para a amplificação da demanda (efeito chicote).

De fato, o sistema de TI utilizado pela empresa não estava satisfazendo as expectativas dos gerentes, justamente pelos dados fornecidos para tomadas de decisão estarem incompletos ou incongruentes com a realidade e, como consequência, os acionistas demandaram uma mudança de curso imediata na estratégia da empresa, a fim de manter os investimentos da companhia.

Uma das primeiras mudanças adotadas foi a substituição do atual sistema de gerenciamento de TI por um novo *software* denominado *Customer Integrated System* – CIS (a ser detalhado na próxima seção).

Naquela ocasião, enquanto a completa implementação do CIS não era estabelecida, o gerenciamento era parcialmente baseado na TOC, com a aplicação dos conceitos da programação TPC na manufatura interna.

Porém, este novo método não foi suficientemente capaz de resolver todos os problemas de gestão, posto que em um SCM todos os parceiros devem trabalhar como uma entidade homogênea. Este cenário mudou positivamente quando finalmente o CIS foi estabelecido na sua totalidade, incluindo um modo logístico inovador com as ferramentas VMI e B2B, soluções estas que propiciaram a comunicação “em tempo real” junto às outras empresas, com o compartilhamento das informações empresariais entre todas as companhias, operando então como um sistema APS.

#### 4.2 O SISTEMA DE ERP *CUSTOMER INTEGRATED SYSTEM* (CIS<sup>12</sup>)

O CIS é um sistema ERP baseado nos conceitos da TOC operando de forma híbrida com diversas ferramentas de gestão e, desta forma, integrando todas as áreas da empresa, sempre gerenciando com o foco nas necessidades do cliente, razão esta que determinará o direcionamento de todas as informações e decisões.

A sua operação é supervisionada pelo departamento comercial, a fim de garantir a constante convergência do processo de planejamento ao encontro das demandas dos clientes, propiciando este alinhamento durante todas as interfaces das operações, abrangendo a produção, suprimentos, estoques e demais áreas da companhia.

A Figura 30 ilustra como o CIS envolve todos os departamentos da Siber do Brasil S.A., a fim de obter o completo atendimento às necessidades dos clientes externos, posicionados estrategicamente no centro das decisões.



Figura 30 – Gestão da Siber do Brasil S.A. com foco no cliente, através do CIS ([www.cis-erp.com.br](http://www.cis-erp.com.br), 2007).

O algoritmo do módulo logístico do CIS é apoiado na TOC, especificamente utilizando o modelo TPC e o gerenciamento dos pulmões para a manufatura e processos de suprimentos sincronizados, com o propósito de controlar o relacionamento entre os clientes e fornecedores da empresa.

<sup>12</sup> [www.cis-erp.com.br](http://www.cis-erp.com.br), 2007.

#### 4.3 A INTEGRAÇÃO CIS & TOC-VMI-B2B NA SIBER DO BRASIL

Nesta seção, é demonstrado o funcionamento do modelo de SCM praticado pela Siber do Brasil, seus clientes e seus fornecedores. Neste sistema, as ferramentas eletrônicas de TI são empregadas em consonância com a proposição do sistema híbrido de TOC-VMI-B2B aplicado ao SCM, apresentado no capítulo 3.

Neste caso, o CIS é o elemento central de convergência e processamento de todas as informações de demanda e estoques do sistema como um todo.

Integrado ao CIS, o modelo VMI se incumbe da integração entre a Siber do Brasil, seus clientes e seus fornecedores. Com esta solução, a Siber administra a produção e os estoques ao longo de toda a cadeia de suprimentos (pulmões), através de um portal na *internet*, utilizando um sistema B2B.

A Figura 31 apresenta, de forma ilustrativa, a operação do modelo e suas interfaces.

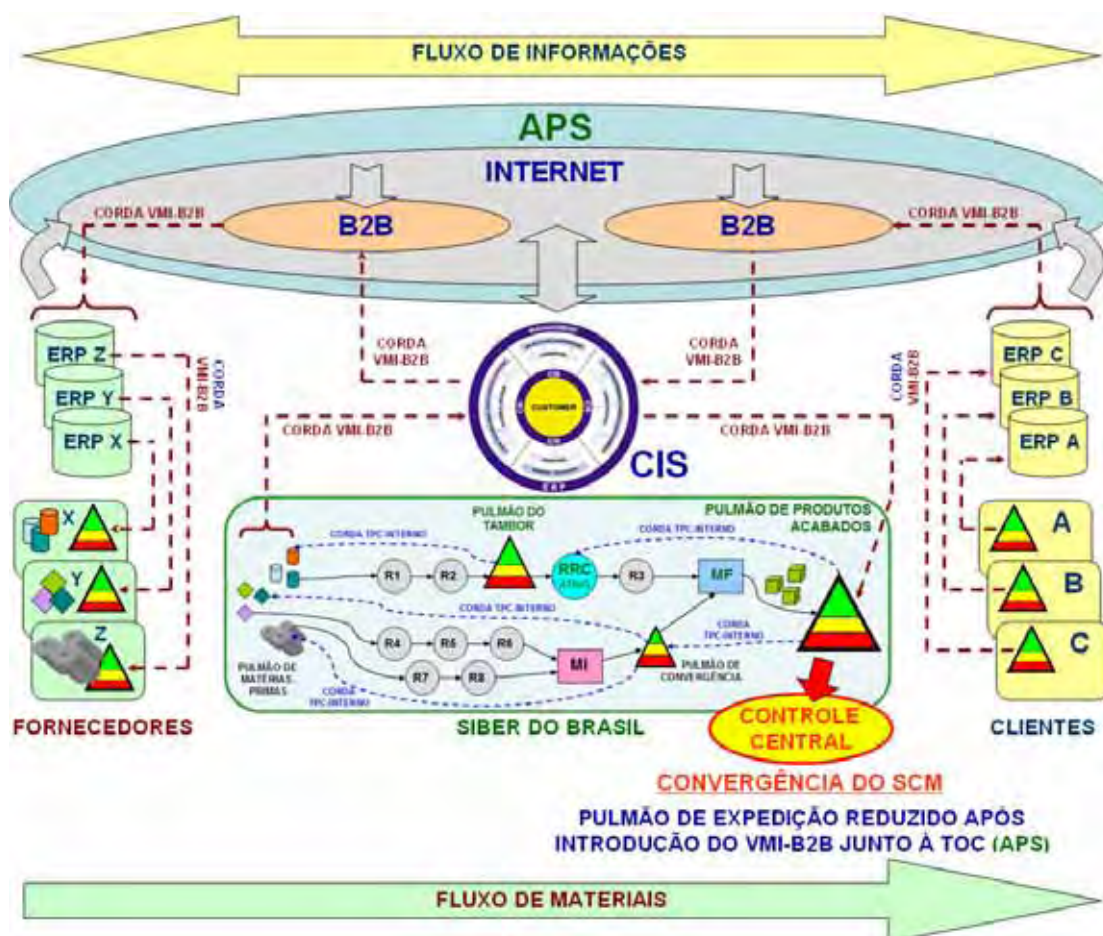


Figura 31 – CIS na cadeia de suprimentos utilizando a TOC-VMI-B2B, propiciando ao modelo operar como um planejamento e programação avançados (*advanced planning and scheduling* – APS), realizando todo o compartilhamento de informações entre os ERPs dos fornecedores e clientes.

O processo desta cadeia de suprimentos é descrito a seguir, seguindo a lógica do sistema “puxado”, em convergência com o modelo teórico de TOC-VMI-B2B apresentado no capítulo 3:

- 1º. - Os níveis dos estoques (pulmões) de matérias-primas dos clientes A, B e C da Siber do Brasil diminuem conforme a demanda diária de suas linhas de manufatura;
- 2º. - As cordas “VMI-B2B” garantem que os níveis reais de estoques de matérias-primas estejam devidamente registrados nos sistemas ERPs, exclusivos de cada cliente A, B e C;

- 3º. - Através de um portal B2B na *internet*, as cordas “VMI-B2B” informam ao CIS, em tempo real, sobre a necessidade de reposição das matérias-primas consumidas pelos clientes A, B e C;
- 4º. - O CIS “dispara” então, através da corda “VMI-B2B”, a necessidade de reposição aos clientes A, B e C, abastecendo-os a partir do estoque de produtos acabados da Siber (pulmão de expedição);
- 5º. - O consumo do pulmão de expedição sinaliza a sua necessidade de ser recomposto, “puxando” a fabricação interna da Siber, de acordo com a demanda dos clientes A, B e C;
- 6º. - O ritmo e o fluxo da fabricação e da movimentação de materiais internos são cadenciados através da programação TPC-interna, subordinados ao RRC “eleito” pela alta administração da Siber como o tambor do sistema;
- 7º. - As cordas “TPC-interno” comandam a entrada de insumos no sistema produtivo, diminuindo os estoques (pulmões) de matérias-primas da Siber conforme a demanda diária de sua fabricação interna, sinalizando (“puxando”) ao CIS, através da corda “VMI-B2B”, as necessidades de recomposição destes pulmões de matérias-primas pelos fornecedores X, Y e Z;
- 8º. - Através do mesmo portal B2B na *internet*, as cordas “VMI-B2B” permitem ao CIS sincronizar os fornecedores X, Y e Z sobre a necessidade de reposição das matérias-primas consumidas pela fabricação interna da Siber, através de seus respectivos ERPs, em tempo real;
- 9º. - Dentro dos fornecedores X, Y e Z, as cordas “VMI-B2B” garantem que os níveis reais de seus estoques de materiais acabados, a serem expedidos para a Siber, estejam devidamente registrados nos seus respectivos sistemas ERPs, exclusivos de cada fornecedor X, Y e Z;
- 10º. - O consumo dos estoques de expedição internos dos fornecedores X, Y, e Z disparam, então, as suas necessidades de recomposição, acionando as suas respectivas linhas de fabricação interna, bem como os seus processos de suprimentos;
- 11º. - O poder do CIS em centralizar, processar, demandar e comunicar, para todos os parceiros da cadeia, todas as informações pertinentes ao

gerenciamento e tomadas de decisões, só é possível graças à sincronização integrada entre os ERPs dos clientes até os fornecedores, agindo como um sistema *advanced planning and scheduling* – APS, calculando e determinando, através do algoritmo da TOC, a capacidade de produção das empresas, a visualização e o controle global da disponibilidade de materiais, e o alinhamento de todo o processo com a demanda real do mercado (HUGOS, 2003).

Com a gestão dos estoques feita pela Siber por meio do VMI, e conseqüente integração das informações entre clientes, fornecedores e a empresa, ocorre uma significativa redução do efeito chicote, decorrente do excesso de segurança nas estimativas, ocasionados pela falta de visibilidade do planejamento.

Com conhecimento do plano final de vendas dos clientes, o VMI concede à Siber monitorar e impedir estoques em demasia, além de transportar este conceito para seus fornecedores, passando estes a administrarem seus próprios estoques (pulmões) com pleno conhecimento de toda a cadeia de vendas. Este modelo provoca redução em todos os níveis de estoques, com conseqüente redução dos custos logísticos e reflexo direto no custo final de venda.

Para superar as dificuldades encontradas pelo VMI para a gestão interna do planejamento da produção e desmembramento da árvore de produtos, este conta com a programação TPC interna vinculada ao nível de consumo do pulmão de produtos acabados da Siber do Brasil.

Após a identificação das restrições do sistema, o modelo TPC define um pulmão de tempo para proteção do RRC (recurso restritivo de capacidade, ou tambor de manufatura interna), e pulmões auxiliares nos pontos de convergência do sistema de manufatura (pulmões secundários ou pulmões de alimentação), utilizando-se da corda (corda “TPC-interno”) para assegurar a captação correta de informações, possibilitando o sincronismo do sistema ao consumo do pulmão de produtos acabados, subordinando então a manufatura interna da Siber com a demanda do mercado.



Lembrando que, no sistema convencional proposto pela TOC, a corda aciona o início do processo (informação que dispara o sistema de forma a subordinar todas as atividades à restrição).

Transpondo-se da manufatura interna da Siber do Brasil para o SCM, no sistema CIS, a corda passa a ser o próprio VMI (corda “VMI-B2B”), que irá sincronizar a produção da Siber do Brasil à produção de seus fornecedores, com base nas vendas de seus clientes. O referencial fundamental para o planejamento central de todo o SCM (o ponto de convergência sensível de todo o sistema) passa a ser o **pulmão de expedição da Siber do Brasil** (destaque da Figura 31).

Este controle da demanda de mercado através do pulmão de expedição da Siber do Brasil, convergindo e cadenciando, tanto os seus clientes e fornecedores, quanto a programação interna da fábrica, vem então, de certa forma, ao encontro da aplicação do **TPC-Simplificado** no SCM da Siber.

Porém, independente da possibilidade ou não de haver um RRC ativo, é opção da Siber do Brasil, em qualquer circunstância, continuar subordinando a programação interna da fábrica com base no TPC tradicional, onde o tambor sempre será o recurso com menor capacidade de produção, independente se seu desempenho é superior ou inferior à demanda de mercado.

A justificativa para esta escolha se embasa no fato de que, para a alta administração da Siber, o CIS é programado e dimensionado para suportar e absorver este cenário e, ao mesmo tempo, manter o compartilhamento da gestão entre os gerentes, planejadores, programadores, diretores e demais funcionários das plantas de manufatura da companhia (cultura TOC-VMI-B2B).

Esta postura é oposta ao recomendado por Schragenheim e Dettmer (2000b), conforme discorrido no capítulo 3. Porém, as características dos produtos da Siber, seu regime de mercado, sua infra-estrutura, a maturidade de gestão dos colaboradores, o alinhamento entre clientes e fornecedores, e, por último, a combinação do VMI-B2B suportado pelo algoritmo do CIS, fazem da companhia uma eficaz administradora do SCM em âmbito global, propiciando assim a manutenção contínua do TPC tradicional internamente, independente da demanda.

Este sistema contribui para a redução dos estoques de produtos acabados, localizados nas empresas, para atender toda a demanda dos clientes finais (dimensionados segundo o emprego da TOC ao SCM). Isto se promove através da aplicação do módulo da TOC desenvolvido para a manufatura (programação TPC interna), integrado ao VMI (cuja função equivale à corda VMI-B2B) através do CIS, desta forma, contribuindo ainda mais para a redução e o controle dos estoques ao longo da cadeia de suprimentos.

Conforme exposto anteriormente, sendo a interface entre a Siber e seus clientes e fornecedores realizada através de um portal B2B na *internet*, o sistema “puxado” permite que qualquer possível replanejamento de produção, de qualquer um dos clientes A, B e C, dispare automaticamente o sistema TPC, iniciando o processo a partir do consumo dos pulmões dos próprios clientes, os quais, através da corda VMI-B2B, informam todos os parceiros predecessores sobre as mudanças, incluindo a própria Siber, seus recursos internos e seus fornecedores X, Y e Z.

Estes recebem imediatamente um e-mail informando que houve uma alteração, não somente na progressão de consumo dos pulmões dos cliente A, B e C, mas também em seus respectivos planejamentos, convidando então todos os fornecedores a acessarem o portal para tomar conhecimento das alterações, que já estão disponíveis através da Corda/VMI.

Caso algum dos fornecedores X, Y e Z não acesse o portal em 2 horas, o sistema passa a enviar e-mails a cada 2 horas, incluindo um e-mail para o Departamento de Logística da Siber do Brasil S.A., para informar um possível problema de comunicação com este fornecedor.

Desde que foi implementado, o sistema demonstrou muita eficiência na gestão da cadeia de suprimentos da Siber do Brasil, com redução acentuada dos estoques, aumento da velocidade de resposta aos clientes e conseqüente redução dos custos.

Porém, para o sucesso deste programa, o sistema necessita de um ambiente de total confiança entre clientes e fornecedores.

#### 4.4 RESULTADOS E CONCLUSÕES

Sumarizando a aplicação real aqui exposta, o desempenho da cadeia de suprimentos da Siber do Brasil pode ser separado em três fases distintas:

- a primeira, com a utilização de um sistema tradicional de ERP baseado no MRP-II (*Manufacturing Resource Planning*) para apoiar as informações gerenciais;
- a segunda, com o uso parcial do sistema CIS, porém utilizando-se o módulo da programação TPC em sua logística interna de manufatura, ainda sem a implementação do modelo logístico completo, o qual inclui as soluções VMI e B2B;
- e finalmente, a última e atual fase, com a aplicação do modelo híbrido TOC-VMI-B2B, integrando a empresa com toda a cadeia de suprimentos, convergindo a Siber, seus clientes e fornecedores a operarem sincronizadamente com as necessidades do mercado.

A implementação do CIS certamente foi um ponto de ruptura que propiciou a transformação da cultura da empresa. Este novo sistema, com filosofia de gerenciamento focada no cliente, permitiu expor para os gerentes informações relevantes acerca do real comportamento da cadeia de suprimentos. Os resultados obtidos neste período foram significativos quando comparados com os períodos anteriores.

De fato, a implementação do CIS, focada principalmente nas necessidades dos clientes, produziu grandes melhorias nos processos produtivos, os quais começaram a operar por células de manufatura, com operadores multifuncionais, resultando em melhores indicadores de qualidade. Todavia, os estoques continuavam altos, e os acionistas insatisfeitos com os resultados.

Um estudo adicional indicou que, com investimentos relativamente baixos, o CIS poderia incorporar um novo módulo logístico baseado na TOC-VMI-B2B, tendo isto gerado grande expectativa com respeito às melhorias no desempenho da cadeia de suprimentos.

O módulo foi implementado e, após isto, mensalmente a direção da empresa promove uma reunião com todas as áreas envolvidas para discutir e analisar os resultados. O principal objetivo é evitar a depreciação dos indicadores de desempenho alcançados e, ao mesmo tempo, assegurar que as necessidades dos clientes finais sejam atendidas.

Em resumo, os resultados alcançados nos últimos períodos foram expressivamente melhores quando comparados com as fases anteriores, e mais ainda, melhores do que as médias de mercado. O novo sistema de gerenciamento, com o suporte do CIS, demonstrou ser robusto e flexível para evoluções futuras. A Tabela 2 apresenta um comparativo antes e depois da implementação.

Tabela 2 – Indicadores da Siber do Brasil antes e depois da implementação do sistema TOC-VMI-B2B.

Indicadores	ANTES DO SISTEMA HÍBRIDO DE TOC-VMI-B2B AO SCM	APÓS O SISTEMA HÍBRIDO DE TOC-VMI-B2B AO SCM
Nível de inventário interno, incluindo estoques e <i>work in process</i>	4 meses de produção, porém com itens faltantes	Giro de estoque: 8 a 10 vezes
Nível de estoque de produto acabado nos fornecedores	6 a 8 meses de produção	3,5 dias (produção para a semana)
Nível de estoques de produtos acabados nos clientes	Em geral, 2 semanas a 1 mês, porém alguns itens zeravam devido aos atrasos provocados	3 dias a 2 semanas
Responsividade: <i>performance</i> de atendimento às necessidades do mercado (volume, <i>lead time</i> e prazo)	Em geral após 2 semanas, porém havia muitos delays, chegando até mais de 1 mês	4 horas a partir da colocação da PO mensal, em regime de fluxo contínuo ao longo do mês
Custos de manufatura	80% do Faturamento	2% a 34% do Lucro Bruto
Custos logísticos	3,2% do Faturamento	1,2% do Faturamento (acabaram os embarques emergenciais)
Lucro líquido	-50% do Faturamento -7% do faturamento (após a TOC)	8% a 10% do Faturamento

A Siber do Brasil S.A., assim como muitas outras empresas em seu segmento industrial, precisou redirecionar seus processos administrativos, rompendo com os paradigmas existentes e, ao mesmo tempo, implementar novas filosofias de gerenciamento que tornaram possível um redirecionamento das metas da empresa em direção aos lucros e aos objetivos estratégicos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi apresentar uma proposta alternativa de gerenciamento da cadeia de suprimentos, através da aplicação de um sistema híbrido baseado na TOC, operando integrado ao VMI-B2B, fundamentado no gerenciamento das restrições como solução viável e dinâmica para a integração do sistema de suprimentos, visando ao balanceamento entre os ganhos globais da cadeia e os ganhos pontuais de cada membro envolvido no processo.

Em um ambiente cada vez mais globalizado e competitivo, torna-se indispensável para as empresas terem um gerenciamento logístico de suas cadeias de suprimentos. Neste contexto, três modelos contemporâneos foram apresentados e aplicados simultaneamente:

- a) A Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* – TOC), afirmando que as melhorias globais devem prevalecer sobre as locais, através da focalização na restrição do sistema, mantendo total interesse no ganho da empresa;
- b) O Estoque do cliente Gerenciado pelo Fornecedor (*Vendor-Managed Inventory* – VMI), que propõe a transferência do controle dos estoques do cliente para o seu respectivo fornecedor, sem que o cliente perca a propriedade sobre seus bens; e
- c) O *Business-to-Business* (B2B), que habilita a comunicação rápida e efetiva junto às organizações e pessoas.

Os resultados primários deste estudo, aliados à sustentabilidade da proposta através da aplicação real do modelo na empresa Siber do Brasil S.A., indicam que a ausência de uma abordagem sobre os aspectos restritivos que afetam o desempenho global da cadeia impede uma maior maximização dos benefícios dos usuários em rentabilidade, na otimização dos processos operacionais, nos processos gerenciais, e nas tomadas de decisões.

Para robustecer a proposta primária da aplicação da TOC ao SCM, a adoção do sistema VMI se mostrou eficiente e de grande valia na minimização do Efeito Chicote. Por último, o B2B associado ao VMI mostra-se fundamental para viabilizar

eficientemente o emprego conjunto destas duas soluções como apoio à utilização da TOC ao SCM, possibilitando a comunicação eficaz entre a Siber, seus clientes e fornecedores.

Ficou evidenciado também que a maior vantagem em se gerenciar a cadeia de suprimentos de acordo com os princípios da TOC é a simplificação do método de gerenciamento, aliado à visibilidade e clareza dos resultados, através do qual as ações estão focadas nas causas que consomem os pulmões que protegem os estoques das fábricas e dos distribuidores contra atrasos.

Nos níveis sucessores da cadeia de suprimentos, a determinação dos níveis estipulados de estoque nos depósitos regionais (posicionados próximos aos consumidores finais) é ditada pelo tempo de reposição, determinado pela capacidade de manufatura, expedição e transporte das fábricas, adotando-se o mecanismo de reposição diária (ou cíclica) dos produtos vendidos.

Sendo a satisfação dos consumidores finais o *pivot* em torno do qual toda a cadeia se movimenta (tambor), fica evidente que, enquanto o cliente não comprar, ninguém na cadeia vendeu nada. Por isto, não se deve premiar (remunerar) aqueles parceiros que se “insubordinam” ao sistema, produzindo e repassando um excesso de material em processo e/ou produtos acabados que ficarão estagnados em algum ponto da cadeia, depreciando o resultado financeiro neste local (normalmente no varejista e no lojista).

Sob esta perspectiva, ambas as partes (clientes e fornecedores) são encorajadas a focalizarem seus esforços nos ganhos globais da cadeia de suprimentos, uma vez que suas rentabilidades individuais dependem de seus esforços colaborativos para incrementar estes mesmos ganhos (SIMATUPANG *et al.*, 2004). Para isto, deve-se transpor toda a TOC-VMI-B2B também para os clientes, para os fornecedores, e para os fornecedores dos fornecedores, persuadindo os envolvidos a melhorar não somente as suas operações, mas, principalmente, a colaboração entre eles, criando assim uma vantagem competitiva (GOLDRATT *et al.*, 2000).

Finalmente, a aplicação real do sistema híbrido de SCM proposto, utilizando em conjunto as soluções TOC-VMI-B2B, promoveu a redução dos inventários e, conseqüentemente, um melhor e mais estável SCM. Este sistema composto de SCM

foi desenhado e implementado para uma empresa manufatureira de médio-porte no Brasil, com resultados sistêmicos e financeiros concretos para todos os parceiros da cadeia de suprimentos.

É também prudente enfatizar que, apesar dos bons resultados obtidos com a implementação do modelo proposto, isto ocorreu para um segmento específico de empresa, o que leva a um desejável experimento deste modelo em outras categorias de empresa.

## REFERÊNCIAS

Automotive Design & Production **Integrating APS and ERP is Getting Easier**. Gardner Publications, 1999 (white paper). Disponível em < <http://www.autofieldguide.com/issues/0599.html> >. Acesso em: 15 mai. 2008.

BAPTISTA, M. V. **O planejamento social**. São Paulo: Cortez e Moraes, 1997.

BERTAGLIA, P. R. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. São Paulo: Saraiva, 2003, 509p.

BLACKSTONE, J. H. Jr. Theory of constraints – a status report. **International Journal of Production Research**, v.39, n.6, p.1053-1080, 2001.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação**. São Paulo: Prentice Hall, 2003, 465p.

CORBETT, T. **Contabilidade de Ganhos**. São Paulo: Editora Nobel. 1997. 189p.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação**. 3ed., São Paulo: Atlas, 2000. 411p.

COUNCIL of the Supply Chain Management Professionals – CSCMP, Disponível em < <http://www.cscmp.org> >. Acesso em: 9 mar. 2006.

COX III, J. F.; BLACKSTONE; SPENCER, M.S. **APICS Dictionary**. 8<sup>th</sup>ed., Falls Church VA: American Production and Inventory Society, 1995.

COX III, J.F.; SPENCER, M. S. **Manual da teoria das restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2002. 280p.

CSILLAG, J. M.; CORBETT NETO, T. (Ed.). Utilização da teoria das restrições no ambiente de manufatura em empresas no Brasil. **EAESP/FGV/NPP – Núcleo de Pesquisas e Publicações**, relatório de pesquisa n. 17, 1998.



DIAS, G. P. **Gestão dos estoques numa cadeia de distribuição com sistema de reposição automática e ambiente colaborativo**. 2003. 245f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

Di SERIO, L. C.; SAMPAIO, M. Projeto da cadeia de suprimento: uma visão dinâmica da decisão fazer versus comprar. **RAE - Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 41, n.1, p.54-66, jan./mar. 2001.

DISNEY, S. M.; TOWILL, D. R. A procedure for the optimization of the dynamic response of a vendor managed inventory system. **Computers & Industrial Engineering**, n.46, p.27-58, 2002.

DISNEY, S. M.; TOWILL, D. R. The effect of vendor managed inventory (VMI) dynamics on the bullwhip effect in supply chains. **International Journal of Products Economics**, n.85, p.199-215, 2003.

EISENHARDT, K. M. Building theories from case study research. **Academy of Management Review**, v.14, n.4, p.532-550, 1989.

ENSSLIN, L. O design na pesquisa quali-quantitativa em engenharia de produção – questões epistemológicas. **Revista Produção On-Line**, v.8, n.1, 2008. Disponível em < <http://www.producaoonline.inf.br> >. Acesso em: 15 mai. 2008.

GOLDRATT, E. M.; FOX, R. E. **A corrida pela vantagem competitiva**. São Paulo: Educator - IMAN, 1992. 177p.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. **A meta**: um processo de melhoria contínua. 2.ed. São Paulo: Nobel, 2002. 365p.

GOLDRATT, E. M. **A síndrome do palheiro**: garimpando informação num oceano de dados. São Paulo: Educator, 1992. 245p.

GOLDRATT, E. M. **Corrente Crítica**. São Paulo: Nobel, 1998. 260p.

GOLDRATT, E. M. **Não é sorte**. São Paulo: Nobel, 2004. 248p.

GOLDRATT, E. M.; SCHRAGENHEIM, E.; PTAK, C.A. **Necessária, sim, mas não suficiente**. Great Barrington: The North River, 2000. 252p.

GOLDRATT, E. M. **TOC insights into distribution and supply chain**. Goldratt's Marketing Group, copyright 2002. Disponível em: < <https://toc-goldratt.com/store/product.php?productid=16274&cat=174&page=1> >. Acesso em: 20 set. 2006.

HUGOS, M. **Essentials of supply chain management**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2003. 254p.

KENDALL, G. I. **Visão viável: transformando o faturamento em lucro líquido**. Porto Alegre: Bookman, 2007. 160p.

KULP, S. C.; LEE, H. L.; OFEK, E. Manufacturer benefits from information integration with retail customers. **Management Science**, v.50, n.4, p.431-444, 2004.

LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C. Issues in supply chain management. **Industrial Marketing Management**, n.29, p.65-83, 2000.

LAMBERT, D. M. Supply chain management: what does it involve? **Supply Chain & Logistics Journal**, Fall 2001, não paginado.

LEE, H. L.; PADMANABHAN, V.; WHANG, S. The bullwhip effect in supply chains. **Sloan Management Review**, v.38, n.3, p.93-102, 1997.

LEE, H. L.; PADMANABHAN, V.; WHANG, S. Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect. **Management Science**, v.50, n.12, p.1875-1886, 2004.

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.

MARCONI, M. A., LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2001. 219p.

MASON, S. J. *et al.* Integrating the warehousing and transportation functions of the supply chain. **Transportation Research Part E**, n.39, p.141-159, 2003.

MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa**: estratégias, métodos e técnicas para pesquisa científica em engenharia de produção. Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, 2007. 147p.

MENEZES, F. M.; LUZ, G. B. da. Avaliação da solução logística da teoria das restrições através de simulação computacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27, 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: PUCPR.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. *Produção*, v.17, n.1, p.216-229, 2007.

MOELLMANN, A. H.; MARINS, F. A. S. Aplicação da teoria das restrições no supply chain management. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 12, 2005, Bauru. **Anais...** Bauru: FEB-UNESP.

MONCZKA, R. M.; TRENT, R. J. ; HANDFIELD, R. B. **Purchasing and supply chain management**. 3ed. Mason: Thomson – South-Western, 2005. 744p.

NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição**. 2ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004a. 408p.

NOVAES, A. G.; FIGUEIREDO, L. A. de. A tecnologia de informação e o potencial competitivo da indústria de prestação de serviços logísticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24, 2004b, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC.

NOVOTNY, D.J; PASQUARELLA, M. **Theory of constraints**: concepts and principles workshops, supply chain management session. APICS Constraints Management SIG, copyright 2002. Disponível em: < <https://toc-goldratt.com/store/product.php?productid=16264&cat=146&page=1> >. Acesso em: 17 jun. 2006.

PEREZ, J. L. TOC for world class global supply chain management. **Computers Industrial Engineering**, v.33, n.1-2, p.289-293, 1997.

PORTER, M. E. **Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. 13.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1989. 512p.

RAHMAN, S. Theory of constraints: a review of the philosophy and its applications. **International Journal of Operations & Production Management**, v.18, n.4, p.336-355, 1998.

RAHMAN, S. The theory of constraints' thinking process approach to developing strategies in supply chain. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.32, n.9/10, p.809-827, 2002.

SANTOS, R. F. dos. **Proposta de um sistema híbrido de Contabilidade Gerencial: Estudo de Caso na Empresa Siber do Brasil S.A**, 2005. 168 f. Dissertação (Mestrado em Ciência no Curso de Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Área de Produção) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2005.

SANTOS, R. F dos; MARINS, F. A. S.; MOELLMANN, A. H. A real application of the theory of constraints to supply chain management. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 10, 2007, Rio de Janeiro. **Proceedings...** São Paulo: FGV-EAESP.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 22.ed. São Paulo: Cortez, 2002. 335p.

SHCRAGENHEIM, E.; DETTMER, H. W. **Manufacturing at warp speed: optimizing supply chain financial performance**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000a. 342p.

SHCRAGENHEIM, E.; DETTMER, H. W. **Simplified Drum-Buffer-Rope: a whole system approach to high velocity manufacturing**. ©Copyright E. Schragenheim and H. W. Dettmer, 2000b. 8p. E-mail [gsi@goalsys.com](mailto:gsi@goalsys.com) for permission to republish. Disponível em: < <http://www.goalsys.com> >. Acesso em: 16 dez. 2007.

SIHA, S. A classified model for applying the theory of constraints to service organizations. **Managing Service Quality**, v.9, n.4, p.255-264, 1999.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3.ed. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de pós-graduação em engenharia de produção, laboratório de ensino à distância, Florianópolis, 2001, 121p.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4.ed. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de pós-graduação em engenharia de produção, laboratório de ensino à distância, Florianópolis, 2004.

SIMATUPANG, T. M; WRIGHT, A. C.; SRIDHARAN, R. Applying the theory of constraints to supply chain collaboration. **Supply Chain Management: An International Journal**, Emerald Group Publishing Limited, v.9, n.1, p.57-70, 2004.

SIMCHI-LEVI, D. ; KAMINSKY, P. ; SIMCH-LEVI, E. **Cadeia de suprimentos: projeto e gestão**. Porto Alegre: Bookman, 2003. 328p.

SOUZA, F. B. de *et al.* Utilização do sistema de produção da teoria das restrições na gestão da cadeia de suprimentos: uma revisão conceitual. **Maringá Management: Revista de Ciências Empresariais**, v.1, n.1, p.12-26, 2004.

SOUZA, F. B. Do OPT à teoria das restrições: avanços e mitos. **Revista Produção**, v.15, n.2, p.184-197, 2005.

SRINIVASAN, M. M.; SRINIVASAN, T.; CHOI, E. W. Build and manage a lean supply chain. **Industrial Management**, v.47, n.5, p.20-25, 2005.

STEFANSSON, G. Business-to-business data sharing: a source for integration of supply chains. **International Journal of Products Economics**, Elsevier, n.75, p.135-146, 2002.

SUPPLY CHAIN DIRECTIONS SUMMIT 2006: STRATEGIES & TATICS TO OPTIMIZE INVENTORY AND SUPPLY CHAIN VIVIBILITY, número, 2006, San Francisco. **Supply Chain Directions 2006 Report...** San Francisco: Eyefortransport, 2006. 31p. Disponível em < <http://www.eyefortransport.com/supplychain06> >. Acesso em: 23 out. 2006.

TAYLOR, D. A. **Supply chains: a manager's guide**. Pearson Education, inc, USA. 2004.

UMBLE, M.; UMBLE, E. J. How to apply the theory of constraints' five-step process of continuous improvement. **Cost Management**, Boston, v.12, n.5, 1998.

UMBLE, M.; UMBLE, E. J. Integrating the theory of constraints into supply chain management. In: DECISION SCIENCES INSTITUTE ANNUAL MEETING, N., 2002, Atlanta. **Proceedings...** Atlanta: Decision Sciences Institute.

VIGTIL, A. Exchange of advance demand information in vendor managed inventory. ANNUAL NOFOMA CONFERENCE, 18, 2006, Nydalen. **Proceedings...** Nydalen: Norwegian School of Management BI. Disponível em <[http://www.nofoma.org/conferences/2006/papers/vigtil\\_exchange\\_of\\_advance\\_demand\\_information\\_in\\_vmi.pdf](http://www.nofoma.org/conferences/2006/papers/vigtil_exchange_of_advance_demand_information_in_vmi.pdf)>. Acesso em: 3 fev. 2007.

VOOS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v.22, n.2, p.195-219, 2002.

WANG, G.; HUANG, S. H.; DISMUKES, J. P. Product-driven supply chain selection using integrated multi-criteria decision-making methodology. **International Journal of Production Economics**, n.91, p.1-15, 2004.

WATSON, K. J.; BLACKSTONE, J. H. Jr.; GARDINER, S. C. The evolution of a management philosophy: the theory of constraints. **Journal of Operations Management**, n.25, p.387-402, 2007.

Wikipedia, the free encyclopedia. Supply chain management - Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Supply\\_chain\\_management](http://en.wikipedia.org/wiki/Supply_chain_management)>. Acesso em: 25 jan. 2006.

YAO, Y; EVERS, P. T.; DRESNER, M. E. Supply chain integration in vendor-managed inventory. **Decision Support Systems**, n.43, p.663– 674, 2007.

YIN, R. K. Estudo de Caso: planejamento e métodos. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005, 212p.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALVES, J. M. **Proposta de um modelo híbrido de gestão da produção**: aplicação na indústria aeronáutica. 2001. 236 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

ALVES, J. M.; SANTOS, R. F dos. Activity-based costing and throughput accounting of TOC: a hybrid system in the managerial accounting. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 9, 2006, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: FGV-EAESP.

ANGERHOFER, B. J.; ANGELIDES, M. C. A model and a performance measurement system for collaborative supply chains. **Decision Support Systems**, n.42, p.283-301, 2006.

ARAVECHIA, C.; SOUZA, F. B.; PIRES, S. R. I. Avaliação de desempenho e teoria das restrições: considerações para a gestão da cadeia de suprimentos. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 7, 2000, Bauru, **Anais...** Bauru: FEB-UNESP.

AVIV, Y. **Planning models for the design of capacitated multi-stage production and distribution systems**. 1998. 244 f. Tese (Doutor em Filosofia). Graduate School of Arts and Science, Columbia University. 1998.

BALAKRISHNANJ, J.; CHENG, C. H. The theory of constraints and the make-or-buy decision: an update and review. **The Journal of Supply Chain Management**, v.41, n.1, p.40-47, 2005.

BALDERSTONE, S.; KEEF, S. P. Throughput accounting exploding an urban myth. **Management Accounting**, v.77, n.9, p.26-28, 1999.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: planejamento, organização e logística empresarial. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 532p.

BALUN, P. **A stochastic vendor-managed inventory problem and its variations**. 2004. 149 f. Tese (Doutor em Filosofia). School of Industrial and systems Engineering, Georgia Institute of Technology. 2004.

BANDEIRA, R. A. M.; MELLO, L. C. B. B.; MAÇADA, A. C. G. Relacionamento na cadeia de suprimentos: relações de cooperação ou dominação? In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26, 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABEPRO.

BOWERSOX, D.; CLOSS, D. J.; STANK, T. P. Ten mega-trends that will revolutionize supply chain logistics. **Journal of Business Logistics**, v.21, n.2, p.1-16, 2000.

BRUSTELLO, A. C.; SALGADO, M. H. Elementos básicos de uma cadeia de suprimentos. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13, 2006, Bauru. **Anais...** Bauru: FEB-UNESP.

CACHON, G. P. The allocation of inventory risk in a supply chain: push, pull, and advance-purchase discounts contracts. **Management Science**, v.50, n.2, 2004.

CETINKAYA, S.; LEE, C. Y. Stock replenishment and shipment scheduling for vendor-managed inventory systems. **Management Science**, v.46, n.2, p.212-232, 2000.

CHATFIELD, D. C. et al. SISCO: an object-oriented supply chain simulation system. **Decision Support Systems**, n.42, p.422-434, 2006.

CHEUNG, K. L.; LEE, H. L. The inventory benefit of shipment coordination and stock rebalancing in a supply chain. **Management Science**, v.48, n.2, p.300-301, 2002.

CHOI, S. **Service level guarantee in capacitated supply chains**. 2003. 105 f. Tese (Doutor em Filosofia em Engenharia de Sistemas e Industrial). School of Industrial and systems Engineering, Georgia Institute of Technology. 2003.

CHRISTOPHER, M.; PECK, H.; TOWILL, D. A taxonomy for selecting global supply chain strategies. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.17, n.2, p.277-287, 2006.



COHEN, S. L. **Asymmetric information in vendor-managed inventory systems**. 1999. 133 f. Tese (Doutor em Filosofia) Graduate School of Business of Stanford University, 1999.

COPACINO, W. C. Moving on to the next supply-chain frontier. **Logistics Management and Distribution Report**, v.37, n.2, p.33, 1998.

CORBETT, T.; CSILLAG, J. M. Analysis of the effects of seven drum-buffer-rope implementations. **Production and Inventory Management Journal**, v.42, n.3/4, p.17-23, 2001.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRPII e OPT: um enfoque estratégico**, São Paulo: Atlas, 1993.

DAVIES, J.; MABIN, V. J.; BALDERSTONE, S. J. The theory of constraints: a methodology apart? – a comparison with selected OR/MS methodologies. **The International Journal of Management Science - Omega**, n.33, p.506-524, 2005.

DISNEY, S. M.; POTTER, A. T.; GARDNER, B. M. The impact of vendor managed inventory on transport operations. **Transportation Research Part E**, n.39, p.363–380, 2003.

DISNEY, S. M.; TOWILL, D. R. Vendor-managed inventory and bullwhip reduction in a two-level supply chain. **International Journal of Operations & Production Management**, v.23, n.6, p.625-651, 2003.

DISNEY, S. M.; NAIM, M. M.; POTTER, A. Assessing the impact of e-business on supply chain dynamics. **International Journal of Products Economics**, n.89, p.109-118, 2004.

DISNEY, S. M.; TOWILL, D. R. A methodology for benchmarking replenishment-induced bullwhip. **Supply Chain Management: An International Journal**, v.11, n.3, p.160-168, 2006.

DONOVAN, R. M. Supply chain management: cracking the bullwhip effect – part III. R. Michael Donovan & Co. Management Consultants, Framingham, MA. Disponível em < <http://www.rmdonovan.com> >. Acesso em: 8 fev. 2007.

FERDOWS, K.; LEWIS, M. A.; MACHUCA, J. A. D. Rapid-fire fulfillment. **Harvard Business Review on Supply Chain Management**, Harvard Business School Press, p.49-63, 2006.

FISHER, M.L. What is the right supply chain for your product? **Harvard Business Review**, v.75, n.2, p.105-116, 1997.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Production and Operations Management**. Thomson South-Western, USA, 1999.

GARDINER, S.C.; BLACKSTONE, J. H., Jr. The 'theory of constraints' and the make-or-buy decision. **International Journal of Purchasing and Materials Management**, v.27, n.3, p.38-43, 1991.

GARDINER, S. C. Measures of product attractiveness and the theory of constraints. **International Journal of Retail & Distribution Management**, v.21, n.7, p.37-40, 1993.

GARDINER, S. C; BLACKSTONE, J. H. Jr.; GARDINER, L. R. The evolution of the Theory of Constraints. **Industrial Management**, v.36, n.3, p.13-16, 1994.

GOLDRATT, E. M. **TOC in distribution and supply chain**: self learning program. Goldratt's Marketing Group, copyright 2002. Disponível em: < <https://toc-goldratt.com/store/product.php?productid=16200&cat=146&page=1> >. Acesso em: 20 set. 2006.

GOLDRATT, E. M. **TOC insights into operations**. Goldratt's Marketing Group, copyright 2002. Disponível em: < <https://toc-goldratt.com/store/product.php?productid=16271&cat=174&page=1> >. Acesso em: 20 set. 2006.

GRECO, M. This isn't yesterday's UPS. **Apparel Industry Magazine**, v.56. n.9, p.86-88, 2005.

GUARNIERI, P. et al. Softwares de supply chain management e sistemas de informação. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26, 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABEPRO.

GUPTA, S. Supply chain management in complex manufacturing. **IEE Solutions**, v.29, n.3, p.18-23, 1997.

GUSMÃO, S. L. L. de An exploratory study about the possibility of adoption of the theory of constraints in the identification and analysis of bottlenecks in supply chains. In: EUROMA – POMS CONFERENCE, 2003, Como. **Proceedings...** Como: European Operations Management Association & Production and Operations Management Society.

GUSMÃO, S. L. L. de Novos esquemas para análise de novas formas organizacionais: a integração da teoria das restrições com a teoria dos custos de transação no estudo das cadeias de suprimentos. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 7, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV-EAESP.

HANSEN, D. R.; MOWEN, M. M. **Gestão de Custos, Contabilidade e Controle**. São Paulo: Thomson Pioneira, 2001.

HENDRICKS, K. B.; SINGHAL, V. R.; STRATMAN, J. K.. The impact of enterprise systems on corporate performance: a study of ERP, SCM, and CRM system implementations. **Journal of Operations Management**, n.25, p.65–82, 2007.

HOMSTRÖM, J. Implementing vendor-managed inventory the efficient way: a case study of partnership in supply chain. **Production and Inventory Management Journal**, v.39, n.3, p.1-5, 1998.

HOLMSTRÖM, J.; HAMERI, A. P. The dynamics of consumer response: a quest for the attractors of supply chain demand. **International Journal of Operations & Production Management**, v.19, n.10, p.993-1009, 1999.

HOLMSTRÖM, J. Business process innovation in the supply chain - a case study of implementing vendor managed inventory. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, n.4, p.127-131, 2003.

HOLMSTRÖM, J. et al. Managing product introductions across the supply chain: findings from a development project. **Supply Chain Management: An International Journal**, v.11, n.2, p.121-130, 2006.

HOLWEG, M. et al. Supply chain collaboration: making sense of the strategy continuum. **European Management Journal**, v.23, n.2, p.170–181, 2005.

HORWATH, L. Collaboration: the key to value creation in supply chain management. **Supply Chain Management: An International Journal**, v.6, n.5, p.205-207, 2001.

HUANG, S. H.; SHEORAN, S. K.; WANG, G. A review and analysis of supply chain operations reference (SCOR) model. **Supply Chain Management: An International Journal**, v.9, n.1, p.23-29, 2004.

HUANG, S. H.; SHEORAN, S. K.; KESKAR, H. Computer-assisted supply chain configuration based on supply chain operations reference (SCOR) model. **Computer & Industrial Engineering**, Elsevier, n.48, p.377-394, 2005.

KAIHARA, T. Supply chain management with market economics. **International Journal of Production Economics**, n.73, p.5-14, 2001.

JARUPHONGSA, W. **A general class of dynamic lot-sizing models for effective logistics management**. 2001. 142 f. Tese (Doutor em Filosofia) Office of the Graduate Studies of the Texas A&M University. 2001.

JARUPHONGSA, W.; CETINKAYA, S.; LEE, C. Warehouse space capacity and delivery time window considerations in dynamic lot-sizing for a simple supply chain. **International Journal of Products Economics**, n.92, p.169-180, 2004.

JARUPHONGSA, W.; ÇETINKAYA, S.; LEE, C. A two-echelon inventory optimization model with demand time window considerations. **Journal of Global Optimization**, n.30, p.347-366, 2004.

KÄRKKÄIEN, M.; HOLMSTRÖM, J. Wireless product identification: enabler for handling efficiency, customization and information sharing. **Supply Chain Management: An International Journal**, v.7, n.4, p.242-252, 2002.

KIRCHE, E. T. **A comparison of activity-based costing and the theory of constraints-based approaches for profitability analysis in order management and production planning decisions**. 2002. 187 f. Tese (Doutor em Filosofia) – The Faculty of the C. T. Bauer College of Business, University of Houston, Houston, 2002.

KIRCHE, E. T.; KADIPASAOGLU, S. N.; KHUMAWALA, B. M. Maximizing supply chain profits with effective order management: integration of activity-based-costing and theory of constraints with mixed-inter modeling. **International Journal of Production Research**, v.43, n.7, p.1297-1311, 2005.

KNILL, B. Does TOC fit SCF?. **Material Handling Engineering**, v.53, n.8, p.SCF2, 1998.

LADEIRA, W. J.; COSTA, J.C.; MAÇADA, A. C. G. O uso do eletrônico data interchange (EDI) como ferramenta de integração, compartilhamento de informação e parceria nos relacionamentos de uma cadeia. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 9, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV-EAESP.

LALWANI, C. S.; DISNEY, S. M.; NAIM, M. M. On assessing the sensitivity to uncertainty in distribution network design. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.36, n.1, p.5-21, 2006.

LEE, H. L.; SO, K. C.; TANG, C. S. The value of information sharing in a two-level supply chain. **Management Science**, v.46, n.5, p.626-643, 2000.

LEE, H. L.; PADMANABHAN, V.; WHANG, S. Comments on "Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect" - the bullwhip effect: reflections. **Management Science**, v.50, n.12 Supplement, p.1887-1893, 2004.

LIMA, A. da C.; PINSETTA, W. J. M. Modelo para implementação da produção enxuta administrativa na divisão de suprimentos do hospital das clínicas da UNICAMP. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 9, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV-EAESP.

MABIN, V. J.; DAVIES, J. Reframing Tradeoffs. In: IFORS TRIENNIAL CONFERENCE, 17, 2005, Honolulu, **Proceedings...** Honolulu: International Federation of Operational Research Societies.

MANUFACTURING BUSINESS TECHNOLOGY. Highlands Ranch, v.23, n.2, p.39, 2005. Disponível em: <  
<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=820102671&sid=25&Fmt=3&clientId=50423&RQT=309&VName=PQD>>. Acesso em: 02 mai. 2007.

MARCHESINI, M. M. P.; ALCÂNTARA, R. L. C. As capacitações logísticas para a prática do supply chain management (SCM): um estudo exploratório. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26, 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABEPRO.

MARCHESINI, M. M. P.; ALCÂNTARA, R. L. C. Os recursos logísticos para a prática do supply chain management (SCM): um estudo exploratório. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26, 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABEPRO.

MARINS, F. A. S.; MOELLMANN, A. H. Application of the theory of constraints to supply chain management. In: EUROPEAN CONFERENCE ON OPERATIONAL RESEARCH, 21, 2006, Reykjavik. **Book of Abstracts...** Reykjavik: Icelandic Operations Research Society.

MARTIN, R. **Data sharing between supply chain members**. 2002. 116 f. Tese (Doutor em Filosofia - Gestão Industrial) – Graduate School of Clemson University, Celmsom, Carolina do Sul, 2002.

MITCH, B. Manage my inventory or else!. **Computerworld**, v.28, n.5, p.93-95, 1994.

MILREU, F. J. S.; LONGATO, M. E.; FUSCO, J. P. A. Quebra de paradigmas nas transações comerciais B2B. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13, 2006, Bauru. **Anais...** Bauru: FEB-UNESP.

MOORI, R. G.; SOUZA, M. F. S. Investigando a influência da colaboração sobre o planejamento colaborativo. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 9, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV-EAESP.

MORAES, M. A. C.; CARDOSO, P. A. Uma análise da cadeia de suprimentos da indústria siderúrgica: estudo de caso no grupo ARCELOR BRASIL. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26, 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABEPRO.

MOREIRA, V. F.; OLIVEIRA, B. R. B.; PRIMO, M. A. M. Relacionamento na cadeia e estratégia competitiva: o caso de uma empresa nordestina de distribuição de petróleo. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 9, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV-EAESP.

MUNSON, C. H.; ROSENBLATT, M. J.; ROSENBLAIT, Z. The use and abuse of power in supply chains. **Business Horizons**, v.42, n.1, p.55-65, 1999.

NAGARAGAN, M. **Essays in supply chain management**. 2003. 169 f. Tese (Doutor em Filosofia). Faculty of the Graduated School of The University Of South Caroline, Los Angeles. 2003.

NAIM, M. M. The impact of the net present value on the assessment of the dynamic performance of e-commerce enabled supply chains. **International Journal of Products Economics**, n.104, p.382-393, 2006.

NEVES, C. P.; FURLANETTO, E. L. Metodologia para identificação, análise e solução de restrições: estudo de caso do sistema de produção de um jornal. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 9, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV-EAESP.

NORI, V. S. **Algorithms of dynamic and stochastic logistics problems**. 1999. Tese (Doutor em Filosofia em Engenharia de Sistemas e Industrial). Geórgia Institute of Technology. 1999.

PEREIRA, S. C. F., Di SERIO, L. C.; SAMPAIO, M. Relacionamento na cadeia automobilística no Brasil: um estudo multicase. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 9, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV-EAESP.

POOJARI, C. A.; LUCAS, C.; MITRA, G. **Robust solutions and risk measures for a supply chain planning problem under uncertainty**. The Centre for the Analysis of Risk and Optimisation Modelling Applications, Technical Report, Preprint submitted to peer review, June, 2006.

PORTER, K. et al. Manufacturing classifications: relationships with production control systems. **Integrated Manufacturing Systems**, v.10, n.4, p.189-198, 1999.

PORTER, M. E. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. 18.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1986. 362p.

POZO, H.; SILVA, O. R. da Utilizando a teoria das restrições – TOC, como um diferencial estratégico na gestão de manufatura para seu alto desempenho. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 9, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV-EAESP.

PUNAKIVI, M.; YRJÖLÄ, H.; HOLMSTRÖM, J. Solving the last mile issue: reception box or delivery box?. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.31, n.6, p.427-439, 2001.

RESENDE, P. et al. **Projeto supply chain-FDC. Validação do modelo colaborativo no supply chain – inserção de fornecedores nas grandes cadeias de suprimentos**. Centro Alfa, Fundação Dom Cabral 2005, 213p.

RICKETTS, P. M. **Modeling the “make-or-buy” logistics decision: an empirical analysis of logistic decision drivers for suppliers and manufacturers in vendor-managed inventory systems**. 1999. 298 f. Tese (Doutor em Filosofia, área de Marketing) Graduate Council of the University of North Texas, Denton, 1999.

RIOS, L.R., MAÇADA, A.C.G.; LUNARDI, G.L. Medindo a satisfação do usuário final de um sistema business-to-business logístico. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 9, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV-EAESP.

RIPPENHAGEN, C. Integrating manufacturing into the supply chain model. **Semiconductor International**, v.25, n.1, p.68-70, 2002.

RYU, C. **An investigation of impacts of advanced coordination mechanisms on supply chain performance: consignment, VMI I, VMI II and CPFR**. 2006. 242 f. Tese (Doutor em Filosofia). Faculty of the Graduate School of the State University of New York at Buffalo. 2006.

SAHINA, F.; ROBINSON Jr, E. P. Information sharing and coordination in make-to-order supply chains. **Journal of Operations Management**, n.23, p.579–598, 2005.



SALMI, L.; HOLMSTRÖM, J. Monitoring new products introduction with sell-through data from channel partners. **Supply Chain Management: An International Journal**, v.9, n.3, p.209-212, 2004.

SCHRAGENHEIM, E.; RONEN, B. Buffer management: a diagnostic tool for production control. **Production and Inventory Management Journal**, v.32, n.2, p.74-79, 1991.

SCHRAGENHEIM, A. Managing distribution according to TOC principles. Inherent Simplicity Ltd., 2007, 15p. Disponível em: < <http://www.inherentsimplicity.com> >.

SHOAF, C. et al. Improving Performance and Quality of Working Life: A Model for Organizational Health Assessment in Emerging Enterprises. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing**, v.14, n.1, p.81-95, 2004.

SIMATUPANG, T. M.; HURLEY, S. F.; EVANS, A. N. Revitalizing TQM efforts: a self-reflective diagnosis based on the theory of constraints. **Management Decision**, v.35, n.10, p.746-752, 1997.

SIMATUPANG, T. M.; SRIDHARAN, R. The collaborative supply chain. **International Journal of Logistics Management**, v.13, n.1, p.15-30, 2002.

SMAROS, J.; HOLMSTRÖM, J. Viewpoint: reaching the consumer through e-grocery VMI. **International Journal of Retail & Distribution**, v.28, n.2, p.55, 2000.

SMAROS, J. *et al.* The impact of increasing demand visibility on production and inventory control efficiency. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.33, n.4, p.336-354, 2003.

SOUTHARD, P. B. **Extending vendor-managed inventory into alternative supply chains**. 2001. 230 f. Tese (Doutor em Filosofia) The Graduate College at the University of Nebraska, Lincoln. 2001.

SPEKMAN, R. E.; KAMAUFF JR, J. W.; MYHR, N. An empirical investigation into supply chain management: a perspective on partnerships. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.28, n.8, p.630-650, 1998.

SPENCER, M. S.; COX, J. F. III. Master production scheduling development in a theory of constraints. **Production and Inventory Management Journal**, v.36, n.1, p.8-14, 1995.

STADTLER, H. Supply chain management and advanced planning: basics, overview and challenges. **European Journal of Operational Research**, n.163, p.575-588, 2005.

STANK, T. P.; DAUGHERTY, P.T.; AUTRY, C. W. Collaborative planning: supporting automatic replenishment programs. **Supply Chain Management**, v.4, n.2, p.75-85, 1999.

STREMLER, D. J. **Constraint-based supply chain inventory deployment strategies**. 2001. 105 f. Dissertação (Mestre em Ciências - Engenharia Industrial) – Faculty of the Mississippi State University, Mississippi, 2001.

TAVARES, F. L. B.; LIMA, R. S. Previsão, reabastecimento e planejamento colaborativo (CPFR): conceitos e aplicações In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13, 2006, Bauru. **Anais...**, Bauru: FEB-UNESP.

TEIXEIRA, I. S. **ABC - Activity-Based Costing**: um sistema de custeio para a gestão da qualidade e produtividade em regimes de economia de mercado, 1996. 198 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

TOPTAL, S. **Generalized models and benchmarks for channel coordination**. 2003.194 f. Tese (Doutor em Filosofia). Office of the Graduate Studies of the Texas A&M University. 2003.

TOWILL, D. R.; CHILDHOUSE, P; DISNEY, S. M. Integrating the automotive supply chain: where are we now?. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.32, n.2, p.79-85, 2002.

TOWILL, D. R. The impact of business policy on bullwhip induced risk in supply chain management. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.35, n.8, p.555-575, 2005.

UMBLE, M. M.; SPOEDE, C. W. Making Sense of Management's Alphabet Soup. **Baylor Business Review**, n.9, p.26-27, 1991.

UMBLE, M.; UMBLE, E.; DEYLEN, L. V. Integrating enterprise resources planning and theory of constraints: a case study. **Production and Inventory Management Journal**, v.41, n.2, p.43-48, 2001

VIVALDINI, M.; SOUZA, F. B. de Implantação de um CPFR (collaborative planning, forecasting, and replenishment) por intermédio do prestador de serviços logísticos (PSL). In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 9, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV-EAESP.

WALKER, B.; BOVET, D.; MARTHA, J. Unlocking the supply chain to build competitive advantage. **International Journal of Logistics Management**, v.11, n.2, p.1-8, 2000.

WALKER, W. Practical application of drum-buffer-rope to synchronize a two-stage supply chain. **Production and Inventory Management Journal**, v.43, n.3/4, p.13-23, 2002.

WANG, G.; HUANG, S. H.; DISMUKES, J. P. Manufacturing supply chain design and evaluation. **International Journal of Advances in Manufacturing Technologies**, n.25, p.93-100, 2005.

WOMACK, D. E.; FLOWERS, S. Improving system performance: a case study in the application of the theory of constraints. **Journal of Healthcare Management**, v.44, n.5, p.397-407, 1999.

WU, D. Y.; KATOK, H. Learning, communication, and the bullwhip effect. **Journal of Operations Management**, v.24, p.839-850, 2006.

WU, H. H.; TSAI, S. H.; TSAI, D. P. The application of the TOC supply chain replenishment system in TFT-LCD module plant. In: EUROPEAN CONFERENCE ON OPERATIONAL RESEARCH, 22, 2007, Prague. **Book of Abstracts...** Prague: Czech Society for Operational Research.

YAO, Y. **Measuring impacts of electronic commerce on supply chain management**. 2002. 206 f. Tese (Doutor em Filosofia), Faculty of the Graduated School of the University of Maryland, Maryland, 2002.

YEO, K. T.; NING, J. H. Integrating supply chain and critical chain concepts in engineer-procure-construct (EPC) projects. **International Journal of Project Management**, v.20, p.253–262, 2002.

YUAN, K. J.; CHANG, S. H.; LI, R. K. Enhancement of theory of constraints replenishment using a novel generic buffer management procedure. **International Journal of Production Research**, v.41, n.4, p.725-740, 2003.

ZHANG, J. **Vendor-managed inventory and information sharing along the supply chain**. 2005. 114f. Tese (Doutor em Filosofia). Arizona State University. 2005.

ZILBER, S. N., TAVARES, J. da C.; NASCIMENTO, E. E-procurement: vantagem competitiva em suprimentos. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 9, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV-EAESP.