

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

LUCIANO JAN LOMAN

Leagility: Um estudo sobre a Manufatura Ágil e suas
relações com a Manufatura Enxuta

São Carlos

2011

LUCIANO JAN LOMAN

LEAGILITY: UM ESTUDO SOBRE A MANUFATURA ÁGIL E SUAS RELAÇÕES COM A MANUFATURA ENXUTA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Engenharia
de São Carlos, da Universidade
de São Paulo.

Curso de Engenharia Elétrica
com ênfase em Eletrônica.

Orientador:

Prof. Dr. Mateus Gerolamo

São Carlos

2011

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

L8391 Loman, Luciano Jan
Leagility: um estudo sobre a manufatura ágil e suas
relações com a manufatura enxuta. / Luciano Jan Loman ;
orientador Mateus Gerolamo -- São Carlos, 2011.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com
ênfase em Eletrônica) -- Escola de Engenharia de São
Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.

1. Manufatura. 2. Ágil. 3. Enxuta. 4. *Leagility*. 5.
Ponto de desacoplamento. 6. *Supply Chain*.
I. Título.

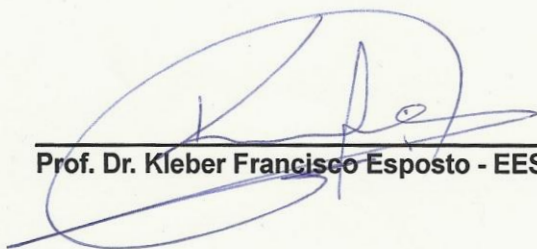
FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Luciano Jan Loman

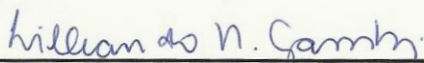
Título: "Leagility: Um Estudo sobre a Manufatura Ágil e suas Relações com a Manufatura Enxuta"

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 22 / 11 / 11,

com NOTA 8,1 (OITO, UM), pela comissão julgadora:



Prof. Dr. Kleber Francisco Esposto - EESC/USP



MSc. Lillian do Nascimento Gambi - EESC/USP



Prof. Associado Homero Schiabel
Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica
EESC/USP

*A meus pais. Meu exemplo, meu orgulho,
minha inspiração.*

RESUMO

LOMAN, L. J. **Leagility: Um estudo sobre a Manufatura Ágil e suas relações com a Manufatura Enxuta.** 2011. 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

A Manufatura Enxuta, hoje, é adotada por muitas empresas que conseguiram sucesso ao diminuir os seus custos de produção, atingindo um ideal de produção planejada e nivelada, com foco na redução de desperdícios. Um paradigma mais recente, inspirado em novos mercados extremamente voláteis, é o da Manufatura Ágil, que visa responder de maneira rápida e precisa às demandas do mercado. O paradigma ágil visa atender mercados cujas necessidades variam muito e em pouco tempo, caracterizando uma demanda extremamente variável. Neste trabalho, foi realizado um estudo teórico sobre as Manufaturas Ágil e Enxuta, que serviu como base para um estudo sobre a implantação de um paradigma chamado de *Leagility*. Este estudo teórico foi realizado com o objetivo de analisar a viabilidade e as condições para aplicação do *Leagility* em cadeias de suprimentos, e foram analisados trabalhos que descrevem estudos de caso sobre a implantação do mesmo em uma empresa do setor de serviços e também uma empresa fabricante de produtos eletrônicos. Constatou-se a eficiência deste paradigma em determinadas situações, atentando sempre para o contexto em que a cadeia de suprimentos está inserida.

Palavras-chave: Manufatura. Ágil. Enxuta. *Leagility*. Ponto de Desacoplamento. *Supply Chain*.

ABSTRACT

LOMAN, L. J. **Leagility: A study on Agile Manufacturing and its relations with Lean Manufacturing.** 2011. 53 p. Final Paper (Graduation) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

Lean Manufacturing, today, is adopted by many companies that obtained success in decreasing its production costs, reaching an ideal of planned and leveled production, focusing on waste reduction. A more recent paradigm, inspired on new, extremely volatile markets, is the paradigm of Agile Manufacturing, that intends to respond quickly and precisely to market demands. Agile Manufacturing aims to fulfill markets whose needs vary greatly and in a short period of time, characterizing a highly volatile demand. In this paper, the Agile and Lean Manufacturing systems were studied theoretically, and were be the basis for a study on the implantation of a new paradigm called Leagility. A theoretical study was conducted, aimed at examining the feasibility conditions for the application of Leagility in supply chains, and case studies on the implantation of Leagility were analyzed, one in a services company and one in an electronics manufacturer. The effectiveness of this paradigm was verified in certain situations, always paying attention to the context in which the supply chain is inserted.

Keywords: Manufacturing. Agile. Lean. Leagility. Decoupling Point. Supply Chain.

LISTA DE FIGURAS

1.1	Artigos Relevantes à Pesquisa	21
1.2	Estrutura do Trabalho de Conclusão de Curso	21
2.1	Manufatura Ágil - Estratégias/Técnicas (GUNASEKARAN; YUSUF, 2002, p. 1363)	25
2.2	Ponto de Desacoplamento	32
2.3	Estratégias de cadeias de suprimentos (NAYLOR; NAIM; BERRY, 1999b, p. 113)	33
2.4	Efeitos do ponto de desacoplamento (NAYLOR; NAIM; BERRY, 1999b, p. 114)	34
3.1	<i>Market Winners / Market Qualifiers</i> (MASON-JONES; NAYLOR; TOWILL, 2000, p. 55)	39
3.2	<i>Leagility</i> (HOEK, 2000, p. 199)	40
3.3	Postergação de etapas no processo produtivo (HOEK, 2000, p. 198)	41
3.4	Revisão do conceito de <i>Leagility</i> (HOEK, 2000, p. 200)	41
3.5	Cadeia com configuração Ágil (RAHIMNIA; MOGHADASIAN; CASTKA, 2009, p. 809)	44
3.6	Cadeia com configuração Enxuta (RAHIMNIA; MOGHADASIAN; CASTKA, 2009, p. 808)	45
3.7	Proposta de implantação do <i>Leagility</i> (RAHIMNIA; MOGHADASIAN; CASTKA, 2009, p. 810)	46

LISTA DE TABELAS

2.1	Sumário de definições sobre Manufatura Ágil (Adaptado de GUNASEKARAN; YUSUF, 2002, p. 1360)	27
3.1	Classificação da importância de características em cadeias Ágeis e Enxutas (NAYLOR; NAIM; BERRY, 1999b, p. 109)	36
3.2	Comparação entre estratégias da cadeia (RAHIMNIA; MOGHADASIAN; CASTKA, 2009, p. 811)	47

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGVS	<i>Automatic Guided Vehicle Systems</i>
CAD	<i>Computer-aided Design</i>
CAM	<i>Computer-aided Manufacturing</i>
CAPP	<i>Computer-aided Process Planning</i>
CIM	<i>Common Information Model</i>
EDI	<i>Electronic Data Interchange</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
JCR	<i>Journal Citation Reports</i>
JIT	<i>Just-in-Time</i>
MA	Manufatura Ágil
ME	Manufatura Enxuta
MRI	<i>Minimum Reasonable Inventory</i>
OKP	<i>One-of-a-Kind Product</i>
PEP	Processo de Entrega do Produto
TI	Tecnologia da Informação
TQM	<i>Total Quality Management</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Contextualização e Problema de pesquisa	19
1.2	Objetivo de Pesquisa	20
1.3	Metodologia de Pesquisa	20
1.4	Estrutura do TCC	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1	Manufatura Ágil	23
2.1.1	Introdução	23
2.1.2	Definições	23
2.2	Manufatura Enxuta	29
2.2.1	Tipos de Desperdício	29
2.2.2	Princípios <i>Lean</i>	30
2.3	<i>Leagility</i>	31
2.3.1	Ponto de Desacoplamento	32
3	ANÁLISE DA COMBINAÇÃO DOS PARADIGMAS	35
3.1	Escolha do Paradigma	35
3.1.1	Comparação entre os Paradigmas Ágil e Enxuto	36
3.1.1.1	Características de igual importância em ambas as cadeias	36
3.1.1.2	Características de importância similar em ambas as cadeias	37
3.1.1.3	Características de importâncias diferentes nas cadeias	37
3.1.2	<i>Market Qualifiers</i> e <i>Market Winners</i>	38
3.2	Aplicação do conceito de <i>Leagility</i>	40
3.2.1	Casos de sucesso	42
3.3	Estudo de caso - Setor de serviços	43
3.3.1	Evolução da Cadeia	44
3.3.2	Viabilidade do <i>Leagility</i>	46
3.4	Estudo de caso - Reestruturação de uma cadeia de suprimentos	47
4	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
4.1	Contribuição do Trabalho	49
4.2	Limitações do Trabalho	50
4.3	Trabalhos Futuros	50

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e Problema de pesquisa

O setor industrial tem sofrido transformações radicais ao longo das duas últimas décadas, com tecnologias, condições de mercado e requerimentos dos consumidores mudando com velocidades sem precedentes, e em direções difíceis de serem previstas. Neste cenário competitivo, muitas empresas começaram a re-orientar suas competências, adotando diferentes práticas e ferramentas para aumentar sua competitividade (como automação e sistemas de manufatura flexíveis, engenharia simultânea, TQM - *Total quality management*, terceirizações, re-engenharia de processos, *benchmarking*, customização em massa). A adoção destas práticas e ferramentas tem sido considerada pela comunidade científica e empresarial parte constituinte de um novo paradigma de manufatura baseado em agilidade: a Manufatura Ágil. Um paradigma é um modelo, uma representação de um padrão a ser seguido.

A Manufatura Ágil é um novo modelo de produção que resultou de mudanças no mercado. Ela integra inovações na manufatura, tecnologias de comunicação e informação com reformulações organizacionais radicais e novas estratégias de marketing (GUNASEKARAN, 1998).

Este paradigma de manufatura, considerado por alguns autores como condição necessária para competição no futuro, é um modelo flexível que pode adaptar-se rapidamente a mudanças no ambiente de negócios e pode atingir as necessidades de consumidores cada vez mais informados e exigentes. Uma companhia que adota conceitos de Manufatura Ágil tem, tipicamente, demanda volátil, alta variedade de produtos, produtos com ciclos de vida mais curtos, e consumidores afetados principalmente pela disponibilidade do produto.

Outro modelo produtivo implantado em diversas empresas visando uma maior competitividade é a Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*). O termo Manufatura Enxuta (WOMACK; JONES; ROOS, 1992), tem suas origens no Modelo de Produção Toyota. Uma organização que aplica os conceitos *lean* tenta reduzir os sete tipos de desperdício que podem ser identificados num processo produtivo (OHNO, 1997): superprodução, estoque, transporte, movimentação, defeitos, processos desnecessários, espera.

Lean é uma metodologia que desenvolve um fluxo de valor para todos os produtos, eliminando vários desperdícios no processo produtivo e focando numa produção nivelada. Um fabricante *lean* tipicamente tem uma demanda previsível, baixa variedade de produtos, produtos com ciclos de vida mais longos e consumidores afetados principalmente por custo (NAYLOR; NAIM; BERRY, 1999b).

Gunasekaran (1998) recomenda que se aplique uma mentalidade “enxuta” na produção de produtos que estão estabelecidos há um longo tempo e que se encontram no estágio

de maturidade do ciclo de vida, enquanto poderia-se trabalhar com novos produtos tendo uma abordagem mais ágil.

Estes modelos produtivos e as condições em que costumam ser empregados apresentam muitas diferenças. Porém, em tempos de mercados tão competitivos e dinâmicos, adotar somente uma mentalidade produtiva e de resposta às necessidades dos consumidores pode não ser suficiente para uma companhia conseguir bons resultados. É neste contexto que surge a necessidade de se “combinar” características de ambos os modelos. Seria possível uma empresa ter um sistema produtivo enxuto e ainda assim operar com elementos de Manufatura Ágil?

1.2 Objetivo de Pesquisa

Os objetivos deste trabalho são a realização de um estudo, descrição e explicitação dos modelos de Manufatura Ágil e também de Manufatura Enxuta. Este trabalho visa estudar e discutir, de forma conceitual, as possibilidades de aplicação de ambas as mentalidades, Ágil e Enxuta, e a viabilidade da combinação conhecida como *Leagility*.

1.3 Metodologia de Pesquisa

A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho foi a pesquisa em livros e em artigos de pesquisas relevantes na área. Este trabalho foi realizado exclusivamente em caráter teórico.

A pesquisa por informações deste trabalho foi realizada em bases de dados de revistas de alto impacto na área de Engenharia de Produção, e também em livros de autores consagrados na literatura. Dentro de cada um dos tópicos abordados, foi encontrado um universo de artigos e fontes para pesquisa, sendo que, desse universo, somente alguns foram aproveitados, de acordo com sua relevância. Isto fica mais explícito na Figura 1.1.

É válido ressaltar as diferentes realidades encontradas em cada tópico abordado na pesquisa. A base de dados sobre Manufatura Enxuta é extensa e bem documentada, por se tratar de uma metodologia já estabelecida no mercado. A base de dados sobre Manufatura Ágil é também grande, porém menor que a anterior, por se tratar de um paradigma mais novo. Já o número de artigos e estudos de caso sobre *Leagility* é consideravelmente pequeno, e a base para pesquisa foi bastante restrita.

Levou-se em consideração, ainda, o JCR (*Journal Citation Reports*), que é um importante indicador para se avaliar citações de artigos em periódicos. Com base no JCR, tem-se uma medida da influência e impacto que determinada publicação tem no meio científico.

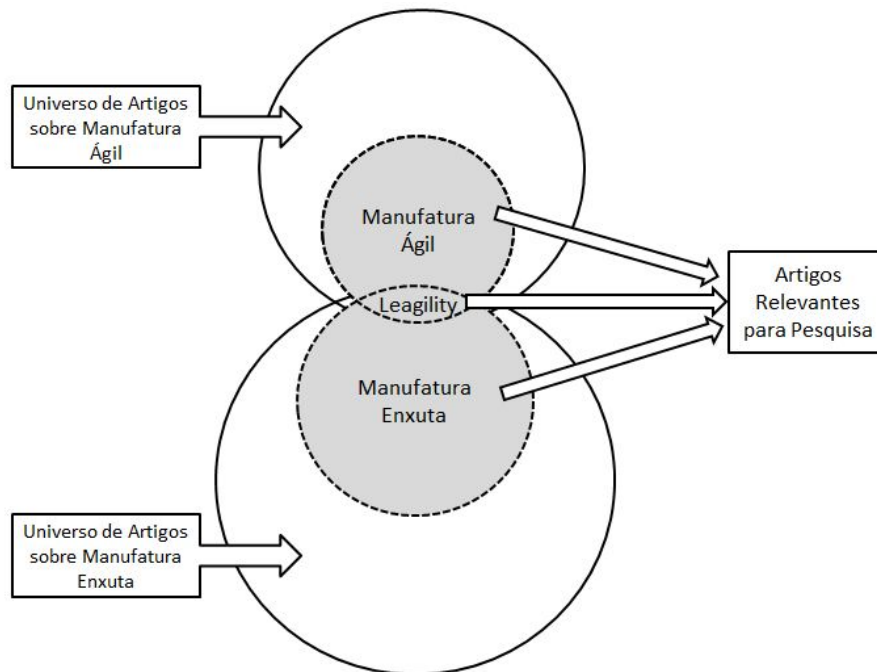


Figura 1.1: Artigos Relevantes à Pesquisa

1.4 Estrutura do TCC

Este trabalho está estruturado de acordo com a Figura 1.2.



Figura 1.2: Estrutura do Trabalho de Conclusão de Curso

No primeiro capítulo deste trabalho foi feita uma introdução ao tema, bem como uma contextualização e apresentação do problema de pesquisa. O objetivo e metodologia de pesquisa foram abordados nesta seção.

O segundo capítulo contempla a fundamentação teórica para entendimento e estudo do tema. Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os assuntos abordados: Manufatura Ágil, Manufatura Enxuta, e *Leagility*.

O terceiro capítulo apresenta a proposta inicial de pesquisa do trabalho: um estudo teórico sobre a aplicação dos diferentes paradigmas no meio industrial, e possibilidades de combinação entre os mesmos. Um estudo de caso abordando a aplicação de *leagility* no setor de serviços foi analisado, assim como um estudo de caso da aplicação deste conceito numa empresa fabricante de produtos eletrônicos.

No quarto capítulo, são apresentadas as considerações finais e conclusões a respeito do trabalho de pesquisa. Por fim, seguem as referências.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manufatura Ágil

2.1.1 Introdução

No século XXI, empresas estão se reestruturando em resposta aos novos desafios e demandas. Segundo Bunce e Gould (1996), as empresas deste século precisarão superar os desafios de consumidores em busca de produtos de alta qualidade e baixo custo, e precisarão responder rapidamente às necessidades únicas e altamente voláteis dos consumidores. Neste ambiente competitivo, existe a necessidade de se desenvolver organizações e estruturas significativamente mais flexíveis e responsivas que as existentes (GOULD, 1997).

O termo Manufatura Ágil foi criado e popularizado em 1991, por um grupo de pesquisadores do Instituto Iaccoca da Universidade de Lehigh, nos Estados Unidos. Eles publicaram um relatório que mostrava que um novo ambiente de manufatura estava surgindo (NAGEL; DOVE, 1991).

O objetivo de uma cadeia de suprimentos (*supply chain*) é entregar o produto correto, na quantidade correta, nas condições corretas, no local correto, no tempo correto e pelo custo correto (*perfect order*). Como os requerimentos dos consumidores estão em mudança contínua, as cadeias de suprimentos precisam ser adaptáveis a mudanças futuras, para responder apropriadamente aos requerimentos do mercado (CARVALHO; DUARTE; MACHADO, 2011).

A cadeia Ágil é direcionada a ter a habilidade de responder rápida e eficientemente a mudanças imprevisíveis em mercados, e a níveis crescentes de turbulência, em termos de volume e variedade (AGARWAL; SHANKAR; TIWARI, 2007).

Uma empresa que se baseia em Manufatura Ágil é uma organização que consegue prosperar e se reconfigurar num ambiente altamente dinâmico e competitivo. Neste ambiente dinâmico, mudanças contínuas e imprevisíveis ocorrem fora da empresa (KASARDA; RONDINELLI, 1998). Mudanças externas num ambiente de uma organização podem variar desde mudanças em políticas governamentais, novos acordos internacionais de negócios até mudanças nas expectativas de clientes.

De acordo com Gunasekaran e Yusuf (2002), a Manufatura Ágil é um desenvolvimento natural do conceito original de Manufatura Enxuta. Na Manufatura Enxuta, o foco é na eliminação de desperdício, e a demanda para que as organizações e estruturas se tornassem mais flexíveis e responsivas aos consumidores levou ao conceito de Manufatura Ágil, diferenciando-se da organização “enxuta”.

2.1.2 Definições

Manufatura Ágil é um conceito que integra organizações, pessoas e tecnologias em uma unidade significativa, implementando tecnologias da informação avançadas e estruturas

organizacionais flexíveis e ágeis para suportar pessoas altamente qualificadas e motivadas (GUPTA; MITTAL, 1996 APUD GUNASEKARAN; YUSUF, 2002). A Manufatura Ágil é direcionada pela necessidade de responder rapidamente às necessidades mutantes dos consumidores. Ela demanda um sistema de manufatura que seja capaz de produzir com eficiência uma ampla variedade de produtos e que seja reconfigurável para comportar mudanças no *mix* de design de produtos. Portanto, a reconfiguração do sistema de manufatura e a variedade de produtos são aspectos críticos da Manufatura Ágil (GUNASEKARAN; YUSUF, 2002).

Goldman, Nagel e Preiss (1994) compilaram quatro princípios que devem reger organizações ágeis:

- Aumento do valor criado ao consumidor;
- Cooperação para aumento da competitividade;
- Organização para superar mudanças e incertezas;
- Alavancagem do impacto de pessoas e informação.

Segundo Gunasekaran e Yusuf (2002), agilidade na manufatura pode ser definida como a capacidade de uma organização, por meio da implantação de uma Manufatura Virtual com um eficiente sistema de desenvolvimento de produtos, de (i) atingir os diferentes requerimentos do mercado, (ii) maximizar o nível de serviço e (iii) minimizar o preço dos produtos, com o objetivo de ser competitivo no mercado global e ter uma chance aumentada de sobrevivência a longo prazo e potencial de lucro. Isto deve ser suportado por pessoas, processos, e tecnologias flexíveis.

A literatura disponível em Manufatura Ágil pode ser agrupada segundo os seguintes temas, nos quais deve haver foco para obtenção da agilidade, conforme a Figura 2.1 (GUNASEKARAN; YUSUF, 2002):

- Planejamento Estratégico;
- Design de Produto;
- Empresa Virtual;
- Automação e Tecnologia da Informação (TI).

Cada um destes temas é melhor abordado na sequência.

Planejamento Estratégico

O planejamento estratégico para aumento de desempenho está ganhando atenção em

GUPTA, U. G.; MITTAL, R. O. **Quality, time and innovation based performance system for agile manufacturing.** Proceedings - Annual Meeting of the Decision Sciences Institute, n. 3, 1996.

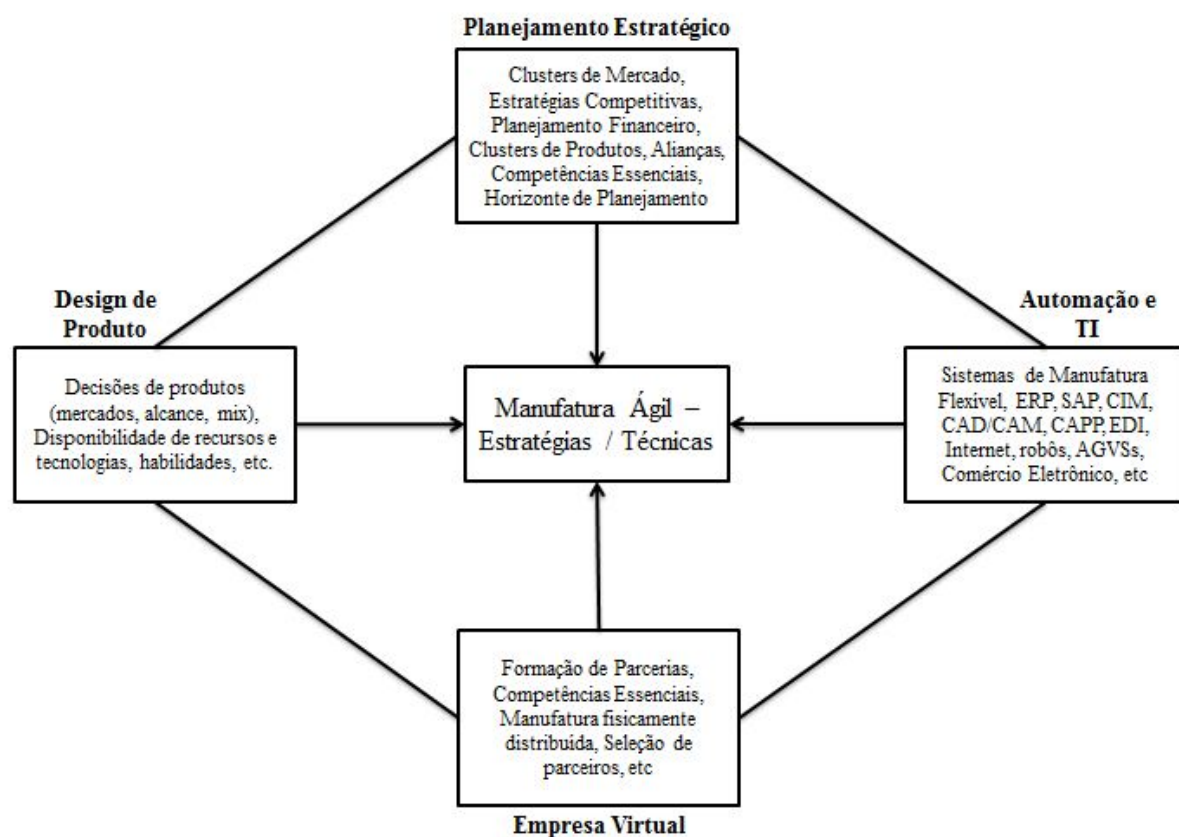


Figura 2.1: Manufatura Ágil - Estratégias/Técnicas (GUNASEKARAN; YUSUF, 2002, p. 1363)

todas as áreas de manufatura, isto porque leva em conta o interesse a longo prazo da companhia para se determinar negócios viáveis e políticas operacionais (GUNASEKARAN; YUSUF, 2002).

Alguns assuntos levados em consideração neste planejamento são Empresas Virtuais e alianças estratégicas (formação de parcerias) baseadas em competências essenciais, logística responsiva, projeto rápido de produtos e sistemas de computação flexíveis. As questões mais relevantes no desenvolvimento da Manufatura Ágil são a maneira como os recursos podem ser reconfigurados/reutilizados para atender aos desafios do dinamismo do mercado, avanços tecnológicos, infraestrutura, políticas governamentais e legislação. Nas Manufaturas Ágeis, estratégias podem ser formuladas com uma abordagem *top-down* e poderiam ser implementadas com uma abordagem *bottom-up*. Portanto, assuntos como tipos de mercado, alianças estratégicas e decisões sobre investimentos de capital dependem da alta liderança, enquanto a implementação pode ser realizada por gerentes e empregados num nível funcional (GUNASEKARAN, 1998).

Design de Produto

Gunasekaran e Yusuf (2002) afirmam que, geralmente, grande parte do tempo do ci-

clo de manufatura é utilizada no design do produto, e é importante que este tempo seja reduzido. A agilidade na manufatura exige uma mudança na formação dos times de desenvolvimento de produtos, com integrantes de diferentes especialidades, como design, fabricação, qualidade, compras, marketing e suporte. Outra mudança seria relaxar políticas que inibam mudanças de design e prover maior autoridade e responsabilidade para os membros da equipe de design. Estas mudanças no sistema de design dos produtos tem como objetivo aumentar a flexibilidade da produção. Isto, por sua vez, precisa de um sistema que agrupe diversos recursos e produtos para reduzir as atividades que não agregam valor, para se atingir o mercado com os produtos corretos no tempo correto.

A capacidade de se reconfigurar rapidamente tanto hardware quanto software são necessárias para obtenção da agilidade (GUNASEKARAN; YUSUF, 2002).

Empresa Virtual

Segundo Abair (1997), uma empresa virtual é a integração de competências essenciais distribuídas dentre um número de empresas reais cuidadosamente escolhidas, com cadeias de suprimentos semelhantes, com foco em velocidade de atendimento, redução de custos e qualidade. De acordo com Gunasekaran (1998), uma única organização pode, muitas vezes, não ser capaz de responder rapidamente a novos requerimentos do mercado. Alianças temporárias ou parcerias baseadas em competências essenciais de empresas ajudarão a aumentar a flexibilidade e capacidade de resposta das organizações. No entanto, o autor ressalta a dificuldade de coordenação e integração entre os envolvidos. Devem-se usar estratégias e metodologias apropriadas, que envolvem comunicação, treinamento e educação, para uma coordenação e integração efetivas entre as companhias envolvidas em diferentes níveis de cooperação.

A agilidade impõe requerimentos especiais aos sistemas de informação utilizados numa organização. Segundo Gunasekaran e Yusuf (2002), um sistema de informação de uma empresa ágil deve, além de atender aos requerimentos tradicionais, ser capaz de se reconfigurar em um curto espaço de tempo e também incluir partes de sistemas de outras empresas, no caso de uma empresa virtual precisar atender à demanda do mercado.

Para ser verdadeiramente ágil, parceiros numa cadeia devem ser capazes de se mover rapidamente e ter utilização eficiente dos equipamentos, instalações e designs existentes (TRACY et al., 1994).

Gunasekaran e Yusuf (2002) ressaltam a importância das relações com fornecedores para organizações ágeis: relações temporárias, com foco na capacidade de resposta, diferentemente de organizações enxutas, que têm relações baseadas em foco na redução de custos a longo prazo.

A descentralização é uma característica crítica de uma organização ágil pois permite que diferentes segmentos da organização reajam a mudanças no ambiente com um tempo de resposta menor (ASSEN, 2000).

Automação e Tecnologia da Informação

A Manufatura Ágil necessita de sistemas inteligentes que tomem decisões automaticamente, desempenhando muitas tarefas que tradicionalmente seriam executadas por humanos. Num ambiente de manufatura globalizada, a Tecnologia da Informação tem um papel dominante de integrar empresas. A integração destes sistemas na Manufatura Ágil é complicada, devido à natureza de organizações virtuais e fisicamente distribuídas (GUNASEKARAN; YUSUF, 2002).

A Manufatura Ágil requer uma mudança rápida da fabricação de um produto para um produto diferente. Isto significa uma rápida reconfiguração de sistemas de automação, alimentadores de peças flexíveis, garras e hardware de montagem modulares (HONG; PAYANDEH; GRUVER, 1996).

Gunasekaran e Yusuf (2002) compilaram algumas definições e conceitos de diversos autores sobre a Manufatura Ágil na tabela que segue:

Tabela 2.1: Sumário de definições sobre Manufatura Ágil (Adaptado de GUNASEKARAN; YUSUF, 2002, p. 1360)

Definição
Capacidade de triunfar num ambiente competitivo, de mudanças contínuas e imprevisíveis, e de responder rapidamente a mercados que mudam rapidamente, orientados pela valoração dada por clientes a produtos e serviços.
Mais flexível e responsiva.
Agilidade ressalta a importância de ser altamente responsivo para atender às “necessidades totais” dos consumidores, enquanto, simultaneamente, luta para ser enxuto. Agilidade significa dar maior prioridade à responsividade do que à eficiência (custos), enquanto um fabricante cuja mentalidade é enxuta compromete a responsividade para ser eficiente.
Mais flexível e responsiva que atualmente.
Flexibilidade e resposta rápida a demandas do mercado.
Provê competitividade.
Orientado pela necessidade de responder rapidamente à demandas variáveis de clientes.
Capacidade de sobreviver e prosperar em um ambiente competitivo de mudança contínua e imprevisível, reagindo rápida e efetivamente a mercados em constante mudança.

Viabilizadores

De acordo com Gunasekaran (1998), os viabilizadores chave da Manufatura Ágil são:

- Ferramentas e métricas para formação de Empresas Virtuais;
- Arquitetura e times de manufatura distribuídos fisicamente;
- Ferramentas e métricas para formação de parcerias rápidas;
- Engenharia simultânea;
- Sistema de informação integrando produto/produção/negócios;
- Prototipação rápida;
- Comércio eletrônico.

O conceito de Agilidade aumenta a ênfase na velocidade de resposta a novas oportunidades de mercado. Portanto, é mais relevante para um produto *One-of-a-Kind* (OKP) do que para commodities que competem primariamente no preço (GUNASEKARAN, 1998). De acordo com Tu (1997), a indústria de manufatura, em particular a indústria OKP, tende a ser enxuta, ágil e global. Esta tendência leva a um novo conceito de Companhia Virtual que consiste em várias unidades de sub-produção dispersas geograficamente no mundo como filiais, *joint ventures* e terceirizações. Para estas companhias virtuais, os controles de produção tradicionais e os sistemas, métodos e teorias de gerenciamento não satisfazem as suas necessidades no controle e planejamento da produção.

Segundo Baramichai, e Marangos (2007), uma cadeia de suprimentos ágil é uma integração de parceiros de negócios para habilitar novas competências, visando responder a mercados de mudanças rápidas e continuamente fragmentados. Os viabilizadores da cadeia de suprimentos ágil são a dinâmica da configuração das estruturas e de relações, a visibilidade da informação de ponta-a-ponta, e a gestão direcionada a eventos e também baseada em eventos.

Agarwal, Shankar e Tiwari (2007) mostraram que a agilidade de uma cadeia de suprimentos depende do seguinte: satisfação do consumidor, aumento da qualidade, diminuição de custos, velocidade de entrega, introdução de novos produtos, melhora no nível de serviço, e redução do *lead time*.

2.2 Manufatura Enxuta

A Manufatura Enxuta teve início no Japão, após a Segunda Guerra Mundial, numa época em que o mercado estava modificando seu padrão de consumo. A Manufatura Enxuta difundiu-se pelo mundo entre os anos 80 e 90, quando muitas empresas passaram a avaliar seus sistemas de produção da ótica do cliente, que deseja receber o produto correto, na quantidade requisitada, no menor prazo possível, com elevada qualidade e ao menor custo possível (GHINATO, 2000).

A Manufatura Enxuta visa essencialmente reduzir o desperdício para aumentar o valor agregado dos produtos, visando atender às necessidades dos clientes, mantendo os lucros (CARVALHO; DUARTE; MACHADO, 2011). Esta nova abordagem estrutural e o modo com que a Toyota usou a mentalidade enxuta para mudar a natureza da manufatura de automóveis foi melhor descrita no livro “A Máquina que mudou o mundo” (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Um sistema de manufatura utilizando o paradigma enxuto empenha-se em operar maximizando os recursos para obter-se performance otimizada (WOMACK; JONES, 1998).

A abordagem administrativa *lean*, desenvolvida por Ohno (1997) na Toyota Motor Corporation, no Japão, forma a base para o sistema de produção Toyota, com dois pilares principais: “autonomação” e produção “*Just-in-Time*” (JIT). A autonomação é a habilidade que os funcionários possuem de detectar qualquer anormalidade e poder interromper imediatamente o trabalho. *Just-in-Time* significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias em cada etapa de montagem chegam na hora e quantidade correta nas linhas de produção. JIT significa, em suma, a redução de estoques a partir do momento em que a produção é puxada ao longo do processo de acordo com a demanda (WOMACK; JONES, 1998).

De acordo com Mason-Jones, Naylor e Towill (2000), a definição de fluxo de valor em Manufatura Enxuta depende da perspectiva do consumidor e de custos, e não do ponto de vista da organização. Ainda afirmam que um fabricante enxuto tem, tipicamente, demanda previsível, baixa variedade de produtos, ciclos de vida de produtos mais longos e consumidores direcionados por custo.

2.2.1 Tipos de Desperdício

O foco da Manufatura Enxuta está basicamente na redução de desperdícios ao longo do processo produtivo. Segundo Womack e Jones (1998), desperdício é qualquer atividade que não agrega valor ao produto em relação aos requisitos do cliente. De acordo com Ohno (1997), os desperdícios podem ser classificados em:

- **Superprodução:** Desperdício caracterizado por uma produção maior do que a

demanda do cliente, ou uma produção num ritmo maior que o necessário. Este excesso gerado acaba se transformando em custos. A produção deve ser sustentada pelo princípio JIT - produzir na quantidade requerida, quando requerido.

- **Estoque:** Resultado da superprodução, o estoque gera consequências graves para a empresa, como o aumento do *lead time* (tempo que uma peça demora para percorrer todo o processo de produção), que está diretamente relacionado aos giros de estoque de uma empresa. O estoque exige capital de giro para sua manutenção, gera custos e caracteriza dinheiro “parado”, ou seja, perdas.
- **Transporte:** O transporte é somente uma movimentação de peças, componentes, matéria-prima ou produtos acabados, e não contribui diretamente para seu valor agregado. Portanto é considerado um desperdício, e pode ocorrer dentro da fábrica ou entre fábricas.
- **Movimentação:** Desperdício ligado à movimentação dos operadores em atividades que não agregam valor ao produto. Este desperdício está relacionado à desorganização do ambiente de trabalho.
- **Defeitos:** Defeitos são um grande desperdício pois geram retrabalho, custo de recuperação ou mesmo a perda total do esforço e material, custos gerados estes que não agregam valor ao cliente.
- **Processos desnecessários:** Deve-se eliminar todo processo que não agregue valor para o cliente. Acrescentar ao processo mais “trabalho” ou esforço do que o requerido pelas especificações do cliente deve ser evitado, pois utiliza recursos da empresa e não é revertido em ganhos adicionais.
- **Espera:** Qualquer tempo gasto com espera, seja com matéria-prima, seja com produtos acabados, ou com estoque excessivo a ser entregue, é considerado um desperdício, pois a todo tempo o material deve estar sofrendo transformações que agreguem valor.

2.2.2 Princípios *Lean*

Womack e Jones (1998) sintetizaram cinco princípios básicos que norteiam o pensamento *lean*, princípios que devem ser adotados na jornada de transformação de uma empresa em um empreendimento enxuto:

- **Valor:** O valor é determinado pelas expectativas e necessidades dos consumidores finais. Segundo Womack e Jones (1998), o valor só é significativo quando expresso em termos de um produto específico que atenda às necessidades do cliente a um preço específico em um momento específico.

- **Fluxo de Valor:** O fluxo de valor engloba todas as ações específicas que conduzirão os produtos nas três atividades gerenciais críticas de qualquer negócio: (i) o fluxo de produção desde a matéria-prima até as mãos do cliente, (ii) o fluxo de desenvolvimento do produto que vai desde a concepção até o lançamento do produto, e (iii) o fluxo do pedido que se inicia no recebimento do pedido e termina com a entrega ao cliente (WOMACK; JONES, 1998). Deve-se identificar todas as sequências de operações e atividades que agregam e as que não agregam valor no processo produtivo.
- **Fluxo:** O fluxo contínuo, melhor maneira de se reduzir desperdícios, deve ser implementado sempre que possível. Equalizar e sincronizar a produção, e prover um fluxo de peças unitárias para acabar com as esperas interprocessos representa um avanço formidável. Processos que trabalham com “fluidez” são aqueles que não apresentam estoques ou interrupções, criando valor aos produtos.
- **Puxar:** De acordo com Womack e Jones (1998), uma produção puxada é uma inversão do fluxo produtivo: o cliente “puxa” a produção, e não a produção “empurra” o pedido para o cliente. Um processo inicial não deve produzir um bem ou serviço sem que seja solicitado por um cliente ou um processo posterior.
- **Perfeição:** A eliminação dos desperdícios deve ser uma rotina nas indústrias. Este último princípio será alcançado desde que o conjunto dos quatro princípios antecedentes (valor, fluxo de valor, fluxo, puxar) interaja entre si para combater desperdícios.

2.3 *Leagility*

À medida em que novos paradigmas em manufatura são desenvolvidos e promovidos, existe uma tendência a vê-los em progressão e isolamento. Portanto, existe esta visão de que primeramente era necessário adotar o paradigma da Manufatura Enxuta, e hoje empresas devem lutar para se tornarem ágeis (BOOTH, 1996).

Embora ser enxuto seja um pré-requisito para a agilidade (HOEK, 2000), parece que a estabilidade necessária ao baixo custo e a flexibilidade requerida para a agilidade são visivelmente contraditórios (ROBERTSON; JONES, 1999).

Mesmo sendo diferentes, os paradigmas ágil e enxuto podem ser, e foram, combinados em cadeias de suprimentos desenhadas e operadas com sucesso (MASON-JONES; NAYLOR; TOWILL, 2000).

Nas cadeias de produção enxutas, o foco está na eliminação de “desperdício”, enquanto nas cadeias ágeis o foco está na habilidade de compreender e responder rapidamente a mudanças no mercado (CARVALHO; DUARTE; MACHADO, 2011). Uma importante diferença é que a Manufatura Enxuta é associada à produção nivelada, ao passo que Manufatura Ágil

significa reservar capacidade para atender à demanda volátil (CHRISTOPHER; TOWILL, 2000).

Naylor, Naim e Berry (1999b) afirmam que essas metodologias, embora distintas, podem ser e foram combinadas em cadeias de suprimentos, por meio de um eficiente posicionamento de um conceito conhecido como “ponto de desacoplamento”.

O ponto de desacoplamento serve para dividir a parte da cadeia de suprimentos que responde diretamente ao consumidor (demanda variável e alta variedade de produtos) da parte da cadeia cuja produção é planejada e usa um estoque estratégico para proteção contra a variabilidade da demanda (a curva da demanda é suave e os produtos são padronizados). Naylor, Naim e Berry (1999b) propuseram o termo “*Leagile*” para cadeias cujos princípios *lean* são implementados até o ponto de desacoplamento e práticas de manufatura ágil seguem a partir deste ponto.

2.3.1 Ponto de Desacoplamento

O ponto de desacoplamento, em uma cadeia de suprimentos, serve para dividir a cadeia em duas partes: uma, de demanda nivelada, e outra, de demanda volátil. A demanda nivelada é possível, na primeira parte da cadeia, pois no ponto de desacoplamento é mantido um estoque estratégico, como um *buffer* para que pedidos flutuantes de consumidores e/ou variedade de produtos possam ser atendidos com uma produção constante e planejada. A Figura 2.2 ilustra o ponto de desacoplamento como um “divisor” da cadeia, com parte enxuta e parte ágil.

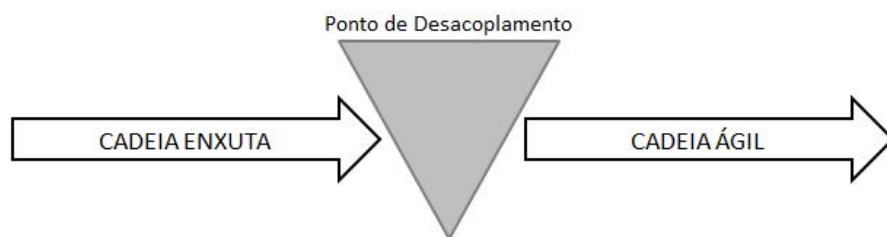


Figura 2.2: Ponto de Desacoplamento

Associada ao posicionamento deste ponto de desacoplamento está a questão da postergação. O objetivo da postergação é aumentar a eficiência da cadeia movendo a diferenciação de produtos (no ponto de desacoplamento) para mais perto do consumidor final. Postergar o ponto de desacoplamento reduz o risco de se ficar sem estoque por longos períodos no revendedor, e também o risco de se manter estoques de produtos obsoletos que não são mais requeridos. A postergação é também essencial quando produtos tem, ou estão propensos a ter, curtos ciclos de vida, como no caso de uma cadeia de fabricantes de computadores ou de roupas (NAYLOR; NAIM; BERRY, 1999b).

Para se determinar o melhor paradigma para cada cadeia de suprimentos, diferentes tipos de estratégias foram propostas na literatura. A Figura 2.3, de autoria de Naylor, Naim e Berry (1999b), mostra diferentes (e simplificadas) estruturas de cadeias de suprimentos com o ponto de desacoplamento marcado como um ponto de manutenção de estoque. O posicionamento do ponto de desacoplamento depende do *lead time* mais longo que o consumidor final está disposto a tolerar.

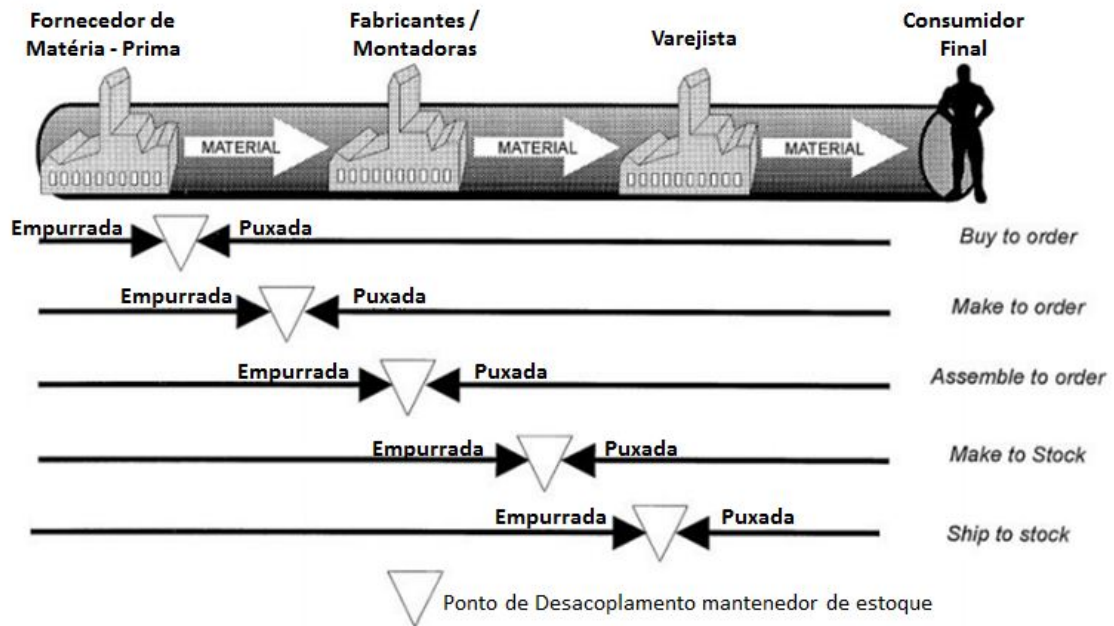


Figura 2.3: Estratégias de cadeias de suprimentos (NAYLOR; NAIM; BERRY, 1999b, p. 113)

Após o ponto de desacoplamento os produtos são “puxados” pelo consumidor, e antes do ponto a demanda é planejada. Os autores destacam cinco classes de cadeias de suprimento:

- A primeira cadeia, *Buy-to-Order*, seria aplicável se todos os produtos fossem únicos e não necessariamente contivessem as mesmas matérias-primas, onde o consumidor final está preparado para aceitar longos *lead times* e a demanda pelos produtos é altamente variável.
- A segunda cadeia, *Make-to-Order*, pode variar seus produtos contanto que sejam fabricados a partir das mesmas matérias-primas. Esta cadeia de suprimentos somente está exposta ao risco de manter matérias primas e componentes como estoque.
- Na terceira cadeia, *Assemble-to-Order*, a customização é postergada tanto quanto possível. Com esta estratégia, a cadeia pode oferecer um determinado mix de variados produtos, sendo customizados ou não. O *lead time* seria consideravelmente diminuído, e a cadeia de suprimentos estaria protegida dos riscos de obsolescência dos seus estoques, estoques de sub-montagens e componentes.

- As duas últimas cadeias representam casos em que um produto padrão é oferecido de um intervalo definido. Para se adotar ambos os casos, os integrantes das cadeias precisam conseguir prever a demanda com boa acurácia. Prever a demanda satisfatoriamente é um fator crítico, assim como manter níveis corretos de estoque para se minimizar os riscos de *stock-outs* e sobre-estoques.

A Figura 2.4 mostra os efeitos do ponto de desacoplamento, funcionando como um divisor da cadeia. Nesta figura, pode-se observar o nível de variedade de produtos e de variabilidade na demanda que cada lado da cadeia experimenta. Antes do ponto de desacoplamento, na parte enxuta da cadeia, observa-se que há planejamento na produção, e a execução é “puxada”, caracterizando um ambiente de manufatura enxuta. O fluxo de material passa por toda a cadeia, e a parte ágil “puxa” material do estoque estratégico localizado no ponto de desacoplamento. Antes do ponto de desacoplamento, a demanda é suave com a variedade de produtos reduzida. Estes produtos padronizados passam por um número de fluxos de valor. Após o ponto de desacoplamento, uma grande variedade de produtos passa por um único fluxo de valor. Neste ponto da cadeia, a demanda tem alta variabilidade e uma grande variedade de produtos. O paradigma ágil deve ser aplicado pois a demanda é variável e a variedade de produtos por fluxo de valor é maior (NAYLOR; NAIM; BERRY, 1999b).

Nota-se, na Figura 2.4, que os níveis de estoque no ponto de desacoplamento variam inversamente à demanda na parte ágil da cadeia, funcionando como um *buffer* e mantendo a possibilidade de se trabalhar com uma produção nivelada antes do ponto de desacoplamento.

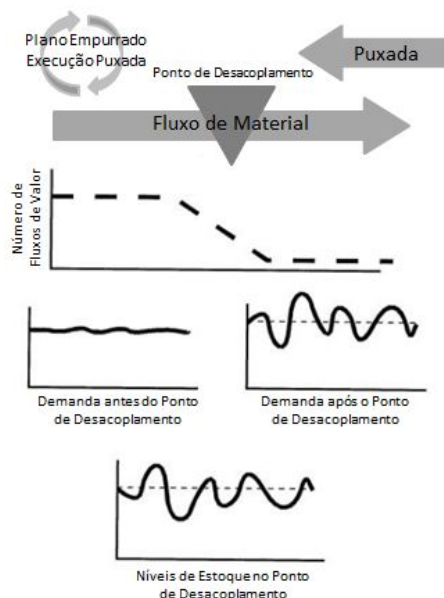


Figura 2.4: Efeitos do ponto de desacoplamento (NAYLOR; NAIM; BERRY, 1999b, p. 114)

3 ANÁLISE DA COMBINAÇÃO DOS PARADIGMAS

Uma etapa muito importante no processo de otimização de uma cadeia de suprimentos é a escolha do paradigma ideal a ser seguido, seja este enxuto, ágil ou a combinação *Leagility*. Para uma definição correta da mentalidade a ser seguida, é essencial que, além de se conhecer o mercado em que se está inserido, se conheça as características de cada paradigma.

De acordo com Rahimnia, Moghadasian e Castka (2009), a Manufatura Enxuta foi uma reação a estratégias de produção antigas, cheias de desperdício e qualidade não satisfatória, enquanto a Manufatura Ágil foi uma resposta às demandas inconstantes de consumidores. Alguns autores sugerem que agilidade é o passo seguinte após a Manufatura Enxuta, a partir do momento em que os princípios enxutos estão implementados em um sistema.

3.1 Escolha do Paradigma

Para se estabelecer a estratégia correta na cadeia de suprimentos, o tipo do produto produzido deve ser identificado (RAHIMNIA; MOGHADASIAN; CASTKA, 2009). Segundo Fisher (1997), existem dois tipos de produtos: os funcionais e os de inovação. Produtos funcionais satisfazem necessidades básicas dos consumidores, tendo um longo ciclo de vida e também demanda estável e previsível. Um exemplo seria o creme dental. Por outro lado, produtos de inovação como computadores pessoais e produtos relacionados à moda são produtos com ciclos de vida mais curtos, demanda imprevisível e alta variedade. Rahimnia, Moghadasian e Castka (2009) sugerem que uma cadeia enxuta melhor se adapta a produtos funcionais, ao passo que a cadeia correta para produtos de inovação seria uma cadeia ágil.

Os paradigmas Ágil e Enxuto podem ser escolhidos de acordo com os requerimentos do mercado. Embora as lições aprendidas com os princípios do Modelo Toyota de Produção tenham exercido profundo impacto nas práticas de manufatura em diversas indústrias ao redor do mundo, muitas vezes os benefícios do pensamento enxuto se restringem à fábrica. Por isso, é possível encontrar situações paradoxais em que, por exemplo, um fabricante de automóveis é extremamente eficiente, com automóveis saindo da fábrica em 12 horas ou menos, no entanto o estoque de carros acabados pode ser até de 2 meses de vendas. E ainda, o consumidor pode esperar por semanas e até meses para receber o carro de sua escolha. Enquanto um processo enxuto pode ser um elemento de agilidade em certas circunstâncias, por si só ele não habilita a organização a responder mais rapidamente às necessidades do consumidor (CHRISTOPHER; TOWILL, 2000).

A escolha do paradigma a ser seguido é essencial para o sucesso de uma companhia.

Nesta seção, há uma comparação direta entre características de ambos os paradigmas, Ágil e Enxuto, para um melhor esclarecimento sobre a possibilidade de combinação entre os mesmos.

3.1.1 Comparação entre os Paradigmas Ágil e Enxuto

Naylor, Naim e Berry (1999b) compilaram algumas características desejáveis em cadeias de suprimentos, e classificaram sua importância de acordo com o ambiente inserido (ágil ou enxuto). Isto foi sumarizado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Classificação da importância de características em cadeias Ágeis e Enxutas (NAYLOR; NAIM; BERRY, 1999b, p. 109)

Característica	Enxuta	Ágil
Utilização do conhecimento de mercado	Essencial	Essencial
Empresa virtual / Fluxo de valor / Cadeia de suprimentos integrada	Essencial	Essencial
Compressão do <i>lead time</i>	Essencial	Essencial
Eliminação de desperdícios	Essencial	Desejável
Rápida reconfiguração	Desejável	Essencial
Robustez	Arbitrário	Essencial
Demanda suave / Programação Nivelada	Essencial	Arbitrário

3.1.1.1 Características de igual importância em ambas as cadeias

Uso do conhecimento de mercado

Todos os negócios em uma cadeia de suprimentos devem focar o usuário final e ambos os paradigmas enfatizam este ponto. A natureza do usuário final ou do setor de mercado como um todo tem um impacto direto sobre o paradigma mais apropriado para a cadeia ou parte dela (NAYLOR; NAIM; BERRY, 1999b).

Cadeia de suprimentos integrada / Empresa virtual / Fluxo de valor

De acordo com Naylor, Naim e Berry (1999b), todas estas definições têm o mesmo significado. Empresas deve trabalhar em conjunto para formar uma cadeia de suprimentos integrada focando em atingir às demandas do cliente final não importando o paradigma adotado. O objetivo de uma cadeia de suprimentos integrada é remover todas as barreiras para facilitar o fluxo de material, dinheiro, recursos e informação.

Compressão do *lead time*

Em tempos recentes, a compressão do *lead time* tem se tornado um importante vencedor de pedidos. A mentalidade enxuta prega a eliminação de quaisquer desperdícios,

dentre eles o desperdício de tempo. Portanto, a compressão do tempo é essencial para a Manufatura Enxuta. Similarmente, a Manufatura Ágil requer uma cadeia responsiva. Isto também requer a compressão do *lead time* em termos de fluxo de informação bem como do fluxo de material .

3.1.1.2 Características de importância similar em ambas as cadeias

Eliminação de desperdícios

A Manufatura Enxuta obtém sua eficiência por meio da eliminação de desperdícios. Em uma cadeia *lean* “pura”, não existiriam folgas nem estoques. Uma visão mais realista seria tentar manter o mínimo de estoque razoável (MRI - *Minimum Reasonable Inventory*), ponto a partir do qual qualquer tentativa de diminuição de estoque não valeria a pena. O nível apropriado do MRI pode ser encontrado usando o conhecimento do mercado no qual a empresa está inserida. Claramente, manter um nível baixo de estoque também é interessante em cadeias ágeis. Porém, deve-se haver uma consideração cuidadosa sobre níveis de estoque para que a cadeia mantenha-se robusta à variações nos requerimentos dos consumidores. Portanto o MRI deve ser mais alto do que numa cadeia enxuta, e atividades adicionais podem ser necessárias para garantir a flexibilidade da mesma. Neste caso, a definição de atividade que agrega valor será expandida para incluir processos que, fundamentalmente, não agregam valor, mas são necessários.

Rápida Reconfiguração

Naylor, Naim e Berry (1999b) afirmam que Manufatura Ágil significa que o processo produtivo deve ser capaz de responder rapidamente à mudanças em informações de mercado. Isto requer, dentre outros, a capacidade de, em pouco tempo, mudar para uma vasta variedade de produtos. Portanto, a rápida reconfiguração é fundamental. Na Manufatura Enxuta, esta habilidade também é chave, já que qualquer tempo perdido mudando para um novo produto é desperdício e deve ser eliminado. Entretanto, deve existir uma certa quantia de tempo em respeito à programação da produção e aviso prévio para se combater desperdícios. Portanto, embora seja uma característica altamente desejável, ela não é essencial à Manufatura Enxuta.

3.1.1.3 Características de importâncias diferentes nas cadeias

Robustez

Um fabricante ágil deve poder suportar variações e distúrbios, e, na verdade, deve estar em posição de tirar proveito destas flutuações para maximizar seus lucros. Se uma

empresa precisa ser responsiva como uma empresa verdadeiramente ágil, é inevitável que a demanda por seus produtos seja instável. Isto contradiz diretamente a próxima característica, a demanda suave.

Demanda suave / Programação Nivelada

A Manufatura Enxuta evita a necessidade de robustez mantendo a sua demanda estável por meio do uso de conhecimento de mercado e planejamento futuro. A Manufatura Enxuta tende a reduzir a variação na demanda simplificando e otimizando sua cadeia. Entretanto, se o consumidor final está além do controle da cadeia, ela não poderá implementar a Manufatura Enxuta na *interface* com o usuário final.

3.1.2 *Market Qualifiers e Market Winners*

Empresas Ágeis tentarão aumentar seus lucros por meio da exploração da volatilidade do mercado, com um alto nível de serviço. Entretanto, num ambiente de Manufatura Enxuta, a demanda precisa ser suave, levando a uma programação nivelada. A demanda nivelada é um pré-requisito para a eliminação de todo o desperdício e diminuição de custos (MASON-JONES; NAYLOR; TOWILL, 2000). Os paradigmas podem ser relacionados à Equação 3.1 (JOHANSSON et al., 1993), explicando a lógica por trás da adoção de um ou outro paradigma em termos de custo ou serviço.

Johansson *et al.* (1993) criaram um modelo eficiente para se mensurar a entrega de valor por uma companhia:

$$Valor\ Total = (Qualidade \times Nivel\ de\ Servico) / (Custos \times Lead\ time) \quad (3.1)$$

Esta equação é particularmente útil pois enfatiza a futilidade de se melhorar um dos indicadores de desempenho às custas de piorar algum outro. Adicionalmente, é possível fazer a distinção entre cadeias ágeis e enxutas em termos de qualificadores de mercado.

Hill (1993) desenvolveu o conceito de “qualificadores” (*order qualifiers*) e “ganhadores de pedidos” (*order winners*), conceitos que deveriam basear a escolha da estratégia de produção. Como os nomes dos conceitos sugerem, é importante que cada empresa entenda qual o patamar mínimo para se entrar competitivamente num mercado - estes são os *order qualifiers*. Para, de fato, vencer as ordens, são necessárias capacidades específicas que Hill cunhou como *order winners*. A definição destas capacidades, então, leva à especificação de estratégia de manufatura apropriada.

Segundo Christopher e Towill (2000), a conexão entre estas idéias de “qualificadores” e “ganhadores”, e “enxuta” e “ágil” é crítica. De uma forma simplista, o autor sugere que o conceito *lean* é mais poderoso quando o critério vencedor é custo, no entanto, quando nível de serviço e aumento do valor para o consumidor são críticos, a agilidade é a resposta.

A figura 3.1, de Mason-Jones, Naylor e Towill (2000), ilustra as diferenças cruciais

de foco entre os paradigmas enxuto e ágil, dependendo dos *market qualifiers* e *market winners*.

Cadeia Ágil	<ul style="list-style-type: none"> • Qualidade • Custo • Lead Time 	<ul style="list-style-type: none"> • Nível de Serviço
Cadeia Enxuta	<ul style="list-style-type: none"> • Qualidade • Lead Time • Nível de Serviço 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo
	Market Qualifiers	Market Winners

Figura 3.1: Market Winners / Market Qualifiers (MASON-JONES; NAYLOR; TOWILL, 2000, p. 55)

Ao passo que qualidade, lead time, e nível de serviço são *market qualifiers* numa cadeia enxuta, com o *market winner* sendo o custo, o custo é apenas um importante qualificador numa cadeia ágil. Na cadeia ágil, o *market winner* é o nível de serviço, pois como Fisher (1997) mostrou, o custo total no Processo de Entrega de um Produto (PEP) é dado pela fórmula 3.2:

$$\text{Custo Total de PEP na cadeia} = \text{Custos Físicos do PEP} + \text{Custos de Marketability} \quad (3.2)$$

Nesta fórmula, em “Custos Físicos” estão inclusos todos os custos de produção, distribuição e estocagem, e “Custos de *Marketability*” incluem todos os custos de obsolescência e *stockout*. A primeira fonte de custos (PEP) domina a cadeia enxuta, ao passo que a segunda fonte (*marketability*), domina a cadeia ágil (MASON-JONES; NAYLOR; TOWILL, 2000).

3.2 Aplicação do conceito de *Leagility*

A Figura 3.2 representa a tese básica do *Leagility*, tendo como princípios básicos a postergação e o desacoplamento de informações.

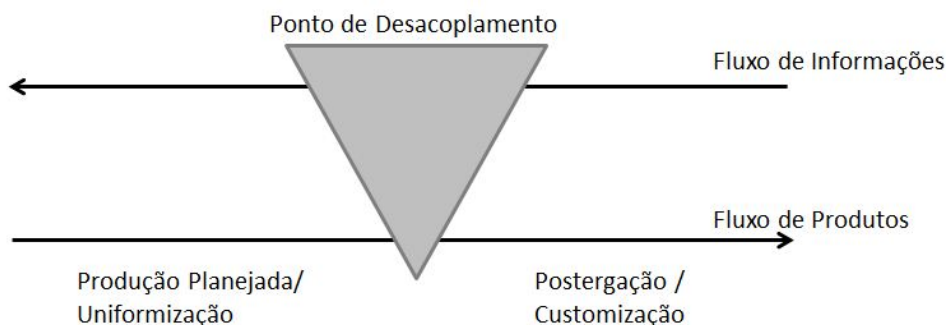


Figura 3.2: Leagility (HOEK, 2000, p. 199)

Antes do ponto de desacoplamento e da postergação, as operações são empurradas, e podem ser organizadas visando eficiência utilizando-se os princípios enxutos. Após o ponto de desacoplamento, nas operações postergadas da cadeia, um sistema “puxado” e de customização está estabelecido, centrado em agilidade.

Um estudo de Hoek (2000) sugere que, num nível operacional, a proposta do *Leagility*, combinação entre eliminação de desperdício e resposta rápida dentro da mesma cadeia, pode funcionar. Segundo o autor, fundamentalmente, essa proposta não desafia os princípios da manufatura ágil, mas, no entanto, pode entrar em conflito com os benefícios do pensamento enxuto.

O autor considera que a representação de um único ponto na cadeia diferenciando operações postergadas e operações planejadas seja uma representação muito simplista do conceito de ponto de desacoplamento. Neste estudo, Hoek (2000) mostra que muitas etapas no processo produtivo já são postergadas em empresas, conforme a Figura 3.3. Neste estudo, datado do ano 2000, as perspectivas de crescimento para os três anos seguintes nas operações postergadas também foram analisados, e estão mostrados nas setas pontilhadas da Figura 3.3.

Estes resultados indicam que o postergamento não deve ser uma decisão *either/or*, mas pode ser um balanço. Companhias podem decidir pelo postergamento na produção de certos produtos (como sistemas *high end*) ou na postergação somente na produção de produtos para certos mercados (como mercados emergentes). Portanto, o conceito não está centrado em decidir em qual ponto da cadeia a postergação deve ser aplicada, mas até qual nível deverá ser aplicada.

Hoek (2000) afirma que, em muitos mercados, práticas enxutas, até certo ponto, podem ser um pré-requisito. A Figura 3.4, de sua autoria, visa esclarecer este ponto.

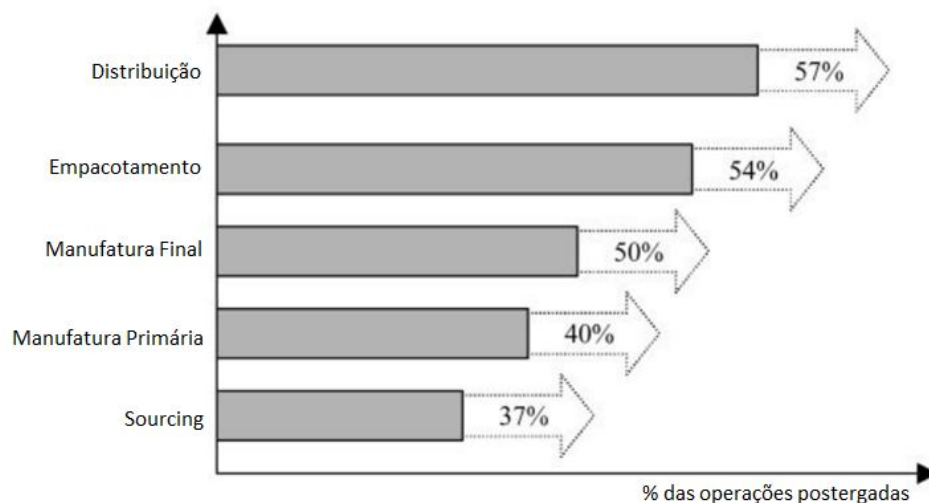


Figura 3.3: Postergação de etapas no processo produtivo (HOEK, 2000, p. 198)

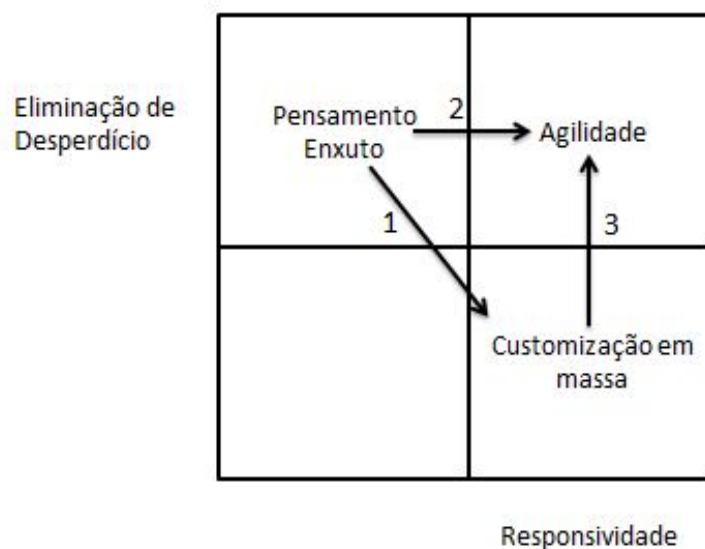


Figura 3.4: Revisão do conceito de Leagility (HOEK, 2000, p. 200)

O eixo vertical mostra o nível de eficiência obtido por meio da eliminação de desperdício, objetivo do pensamento enxuto. No entanto, fundamentalmente, o conceito não foca na *responsividade* tanto quanto foca na eliminação de desperdício. A customização em massa, por exemplo, centraliza-se em torno da maximização da resposta aos consumidores. A idéia do autor é que a agilidade, fundamentalmente, implica na habilidade de passar por ambas as dimensões se necessário, isso sendo determinado por ordens e necessidades de consumidores. Embora operações focadas em *Leagility* possam ser muito válidas em alguns ambientes, isto não desafia o conceito de agilidade, já que este conceito se baseia na rápida reconfiguração da cadeia de suprimentos em resposta às oportunidades de mercado, e podendo “passar” por várias habilidades, como customização e pensamento enxuto, quando aplicável.

Hoek (2000) enfoca no ponto de que buscar agilidade em cadeias enxutas pode, potencialmente, resultar em uma evolução ao longo da seta 1 na Figura 3.4. Se a cadeia enxuta passa a ter um novo foco em torno de responsividade e customização em massa, pode sacrificar suas fundações em eficiência. Por isso, *Leagility* pode resultar no “pior dos dois mundos”, se visto como uma abordagem fundamental, ao invés de uma opção operacional para mercados específicos. Embora *Leagility* não confronte o conceito de agilidade (pois assegura flexibilidade de se utilizar, rapidamente, capacidades operacionais como eficiência e responsividade), o conceito de *Leagility* por vezes desafia os princípios do pensamento enxuto, utilizando a projeção da Figura 3.4. Em outras palavras, o autor considera que, se o pensamento enxuto é a abordagem relevante no mercado em que a companhia está inserida, ela deve focar nisto somente, e não “estragar” seus princípios fundamentais adicionando novas dimensões.

O autor conclui que a rápida reconfiguração da cadeia de suprimentos de acordo com o mercado ou consumidor é uma habilidade central do conceito de agilidade. Portanto, embora a tese de *Leagility*, centrada na configuração de uma cadeia utilizando conceitos enxutos e de customização num ambiente específico de mercado, possa ser relevante operacionalmente, fundamentalmente a tese não confronta o conceito de agilidade, no entanto, confronta os conceitos enxutos no seu foco em eficiência e redução de desperdícios.

3.2.1 Casos de sucesso

Alguns casos de sucesso na implantação do *Leagility* foram documentados por Naylor, Naim e Berry (1999a):

- A Benetton, fabricante de artigos de vestuário, postergou a etapa da tintura em algumas de suas linhas de roupas até praticamente o fim de seu processo de produção. Portanto, com suas roupas padronizadas, customizadas o mais tarde possível, atingiu-se um bom nível de escolha para os consumidores, sem *lead times* tão longos e o risco de obsolescência (GATTORNA; WALTERS, 1996 APUD NAYLOR; NAIM; BERRY, 1999a).
- A Hewlett-Packard fabricava impressoras para uma demanda global agregada e as customizava para mercados locais antes do seu envio para os centros de distribuição regionais. Porém, as previsões de demanda eram muitas vezes imprecisas, gerando altos riscos de obsolescência. A solução foi postergar o ponto de desacoplamento o máximo possível e customizar as impressoras nos centros de distribuição regionais, ponto no qual as ordens eram “puxadas” pelos consumidores (DAVIES, 1993 APUD NAYLOR; NAIM; BERRY, 1999a).

GATTORNA, J. L.; WALTERS, D. W. **Managing the supply chain: a strategic perspective**. Londres: MacMillan, 1996.

3.3 Estudo de caso - Setor de serviços

Rahimnia, Moghadasian e Castka (2009) conduziram um estudo de caso sobre a aplicabilidade do conceito de *leagility* no setor de serviços. No últimos anos, o setor de serviços teve um papel importante na economia dos países. Por isso, é importante que se estude a lógica das operações em serviços.

De acordo com os autores, em algumas áreas neste setor, os conceitos baseados em manufatura são facilmente adotados. Como exemplo pode-se citar os serviços em massa, cujo foco está nos produtos - a ênfase é no que o consumidor compra.

Foi proposta a viabilidade de se implantar metodologias básicas de Manufatura Enxuta no contexto de serviços, como a compreensão de valor (PIERCY; RICH, 2009 apud RAHIMNIA; MOGHADASIAN; CASTKA, 2009). Devido às características especiais de serviços (produção e consumo simultâneos), a agilidade é um fator importante neste contexto. Rahimnia, Moghadasian e Castka (2009) estudaram a aplicação de *leagility* no setor de serviços em massa, e afirmam que o desafio principal neste caso é determinar a posição do ponto de desacoplamento.

Poucas empresas de serviços foram estudadas no contexto da cadeia de suprimentos. Novos paradigmas gerenciais acabam sendo implementados e estudados primeiramente no setor de manufatura, devido à tangibilidade e visibilidade dos produtos manufaturados. A intangibilidade dos resultados em serviços cria certas dificuldades em se combinar demanda e suprimento, já que tais produtos não podem ser estocados (RAHIMNIA; MOGHADASIAN; CASTKA, 2009). No entanto, existem casos em que é mantido certo estoque, como em cadeias de restaurantes, e a manutenção correta dos mesmos pode ser crítico para o sucesso de um empreendimento no ramo de serviços. Os autores sugerem que a combinação dos benefícios de cadeias ágeis e enxutas ajudará a reduzir o *lead time* total e custo dos serviços oferecidos.

A empresa escolhida para este estudo foi uma rede de restaurantes de *fast food* iraniana, com várias unidades, e que apresentava atributos ágeis e também enxutos. Por meio de informações coletadas em entrevistas, os autores mapearam os processos da cadeia. Os restaurantes de *fast food*, sendo organizações de serviço em massa, foram escolhidos pelos autores por terem foco no produto - ênfase no que o consumidor compra. Nos serviços em massa, o valor é construído no *back office*, portanto espera-se que os conceitos de *leagility* possam ser examinados nestes processos que agregam valor. Os autores ressaltam que este tipo de provedor de serviços tem muitas características associadas à manufatura. O caso selecionado tem sete unidades e uma unidade de produção central, sendo que a unidade produtiva central emprega 30 funcionários e o restante das unidades tem mais cerca de

DAVIES, T. **Effective supply chain management**. Sloan Management Review, 1993.

70 colaboradores. O caso estudado foi o do produto de maior rentabilidade da rede, que são pizzas. Cerca de 70% das vendas diárias são de um tipo específico de item, e os 30% restantes são de outros tipos de produtos.

3.3.1 Evolução da Cadeia

Dez anos antes do estudo realizado por Rahimnia, Moghadasian e Castka (2009), a organização estudada contava com apenas uma filial, e a unidade produtiva estava localizada ao lado da mesma. Com o passar dos anos, a organização se expandiu para sete filiais, cada uma delas contando com sua própria unidade produtiva. Nesta configuração ágil, é possível para a filial customizar pedidos de acordo com as necessidades dos clientes, embora os pedidos pudessem demorar para serem atendidos, especialmente em horários de pico. Esta configuração significava alta variedade de produtos porém um longo *lead time*, cerca de 40 minutos. Neste ramo de *fast foods*, um *lead time* tão longo pode gerar perdas nas vendas e insatisfação dos consumidores.

O funcionamento da cadeia está ilustrado na figura 3.5.

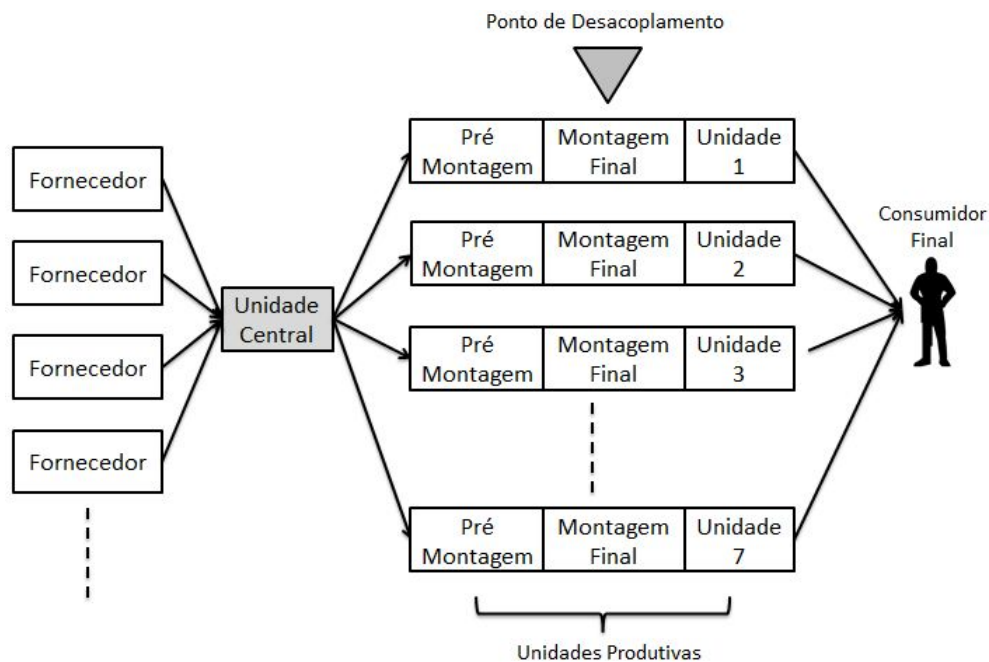


Figura 3.5: Cadeia com configuração Ágil (RAHIMNIA; MOGHADASIAN; CASTKA, 2009, p. 809)

O ponto de desacoplamento encontrava-se na pré-montagem de cada produto, com a possibilidade de se haver pedidos customizados por parte dos clientes. Rahimnia, Moghadasian e Castka (2009) concluíram que a estratégia ágil não é a melhor escolha para o segmento, pois, embora oferecesse alta variedade de produtos, o tempo de espera para os consumidores era muito alto.

Para que a empresa pudesse se beneficiar de economias de escala, a cadeia foi reorganizada com uma configuração enxuta. Escolheu-se uma localidade central, relativamente perto das filiais e nela foi implantada uma unidade produtiva central. Nesta configuração, todos os processos envolvidos na fabricação dos produtos são realizados nesta unidade central, restando para as filiais apenas a última etapa da “montagem” (assar a pizza). A unidade central é dividida em duas partes: pré montagem e montagem final. Estes termos foram usados pelos autores pois os processos são semelhantes aos de linhas de produção em manufatura. O departamento central da empresa compra matéria-prima de um número limitado de fornecedores, com longo relacionamento e uma abordagem *Just-in-Time*, em que os produtos são entregues semanalmente. A Figura 3.6 ilustra a configuração atual da cadeia da empresa estudada.

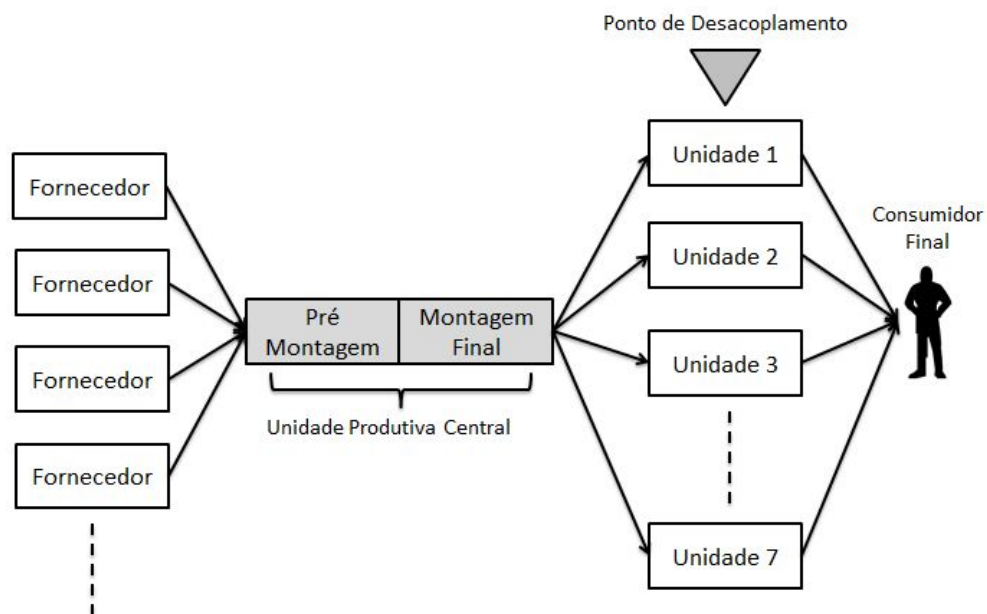


Figura 3.6: Cadeia com configuração Enxuta (RAHIMNIA; MOGHADASIAN; CASTKA, 2009, p. 808)

Segundo os autores, a implantação desta configuração enxuta na cadeia resultou em *lead times* consideravelmente mais curtos (em torno de 10 minutos) e levou a uma melhora no nível de serviço. Ocorreu ainda uma diminuição nos custos produtivos e também economia de espaço nas unidades. Como pode-se observar na figura 3.6, o ponto de desacoplamento, neste caso, está localizado nas filiais. Neste ponto, a demanda dos consumidores é diferenciada apenas em termos de volume. Apesar das vantagens desta configuração, a mesma gerou um problema pois restringiu a variedade oferecida por cada filial, não sendo possível customizar produtos. De acordo com os autores, o sistema adotado não é o melhor para este mercado, já que 70% compram os produtos padrão (e estão sendo atendidos satisfatoriamente), mas 30% dos consumidores desejam produtos customizados e não existe esta possibilidade.

3.3.2 Viabilidade do *Leagility*

Rahimnia, Moghadasian e Castka (2009) estudaram a possibilidade de se implantar nesta cadeia a estratégia de *leagility*, para se atender ao grande percentual de consumidores que desejam ordens customizadas. Esta configuração traria custos e variedade moderados, em comparação às estratégias anteriores. A nova proposta de estratégia híbrida na cadeia está na figura 3.7.

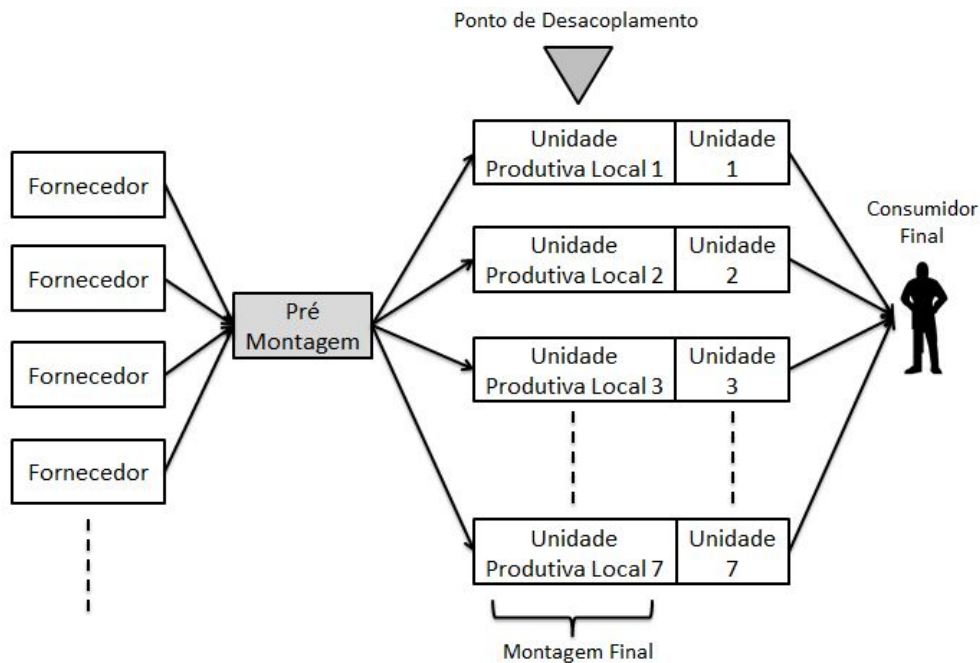


Figura 3.7: Proposta de implantação do Leagility (RAHIMNIA; MOGHADASIAN; CASTKA, 2009, p. 810)

Neste caso, os primeiros estágios da produção estão concentrados na unidade produtiva central, porém a montagem final dos produtos e sua diferenciação, de acordo com as ordens dos clientes, ocorrem nas filiais. Para a adoção desta estratégia, seria necessária uma certa quantidade de espaço nas filiais para a montagem final, porém o espaço seria consideravelmente menor do que com a estratégia ágil. Os *lead times* também seriam reduzidos, e a variedade seria uma opção. No entanto, o *lead time* para os consumidores que desejam os produtos padrão ainda é muito alto, embora seja aceitável para os consumidores com ordens customizadas.

Rahimnia, Moghadasian e Castka (2009) propõe, então, uma cadeia dupla: parte enxuta, para se atender aos pedidos padrão, e parte com a estratégia do *leagility*. Desta forma, ambos os tipos de consumidores seriam atendidos e não se perderiam vendas. Neste caso, o lucro com o aumento do atendimento superaria o aumento de custos devido ao espaço para montagem final tanto na unidade central quanto nas filiais (o espaço seria ainda menor do que na proposta do *leagility*).

As estratégias já adotadas pela cadeia, bem como as novas propostas foram compiladas

pelos autores na tabela 3.2.

Tabela 3.2: Comparação entre estratégias da cadeia (RAHIMNIA; MOGHADASIAN; CASTKA, 2009, p. 811)

Medidas de Desempenho	Enxuta	Ágil	<i>Leagility</i>	Estratégia Dupla
Espaço necessário (m^2)	270	700	310	282
<i>Lead time</i> (minutos)	10	40	20	10/20
Custo médio de cada produto (rials)	3.500	5.550	4.000	3.500/4.000

Nesta configuração de cadeia dupla, o espaço utilizado é menor que na abordagem do *leagility*, pois 70% da produção é feita na parte enxuta da cadeia (que necessita de menos espaço), e 30% produzida com a estratégia híbrida - *leagility*. Com esta estratégia dupla, atende-se satisfatoriamente a ambos os tipos de consumidores, tanto do ponto de vista do preço quando do *lead time*.

Os autores concluem que os paradigmas Ágil e Enxuto têm suas vantagens particulares, e cada um pode ser aplicada em diferentes situações. E afirmam que, neste caso em particular, uma abordagem dupla - com parte enxuta e parte focando em *leagility* - é a que traz melhores resultados (RAHIMNIA; MOGHADASIAN; CASTKA, 2009).

3.4 Estudo de caso - Reestruturação de uma cadeia de suprimentos

Naylor, Naim e Berry (1999b) apresentaram um estudo de caso de uma companhia de produtos eletrônicos, mais especificamente de computadores. A empresa estudada é uma empresa multinacional com uma cadeia de suprimentos complexa, com pelo menos cinco grandes divisões, desde centenas de fornecedores de componentes, passando por cinco unidades de sub-montagem até quatro unidades de montagem final. Dependendo do produto vendido, as ordens podem ser entregues diretamente aos consumidores, ou por meio dos centros administrativos da empresa, via centros de distribuição independentes ou milhares de distribuidores autorizados.

Em meados da década de 1980, a empresa iniciou uma série de programas de melhorias, durante o período de uma década, culminando com o estabelecimento de uma cadeia de suprimentos *leagile* por volta de 1993. Inicialmente, a cadeia consistia em um grande número de *players* que interagiam porém não trabalhavam de forma integrada. O primeiro estágio no processo de re-engenharia consistiu na eliminação de desperdícios na cadeia e redução de *lead times* nas plantas, seguido por fornecedores participando de iniciativas de “boas práticas” enxutas, incluindo JIT.

A companhia então desenvolveu uma abordagem integrada de planejamento de materiais no nível da cadeia de suprimentos. Isto foi suportado pela transmissão de dados via

EDI (*Electronic Data Interchange* - Intercâmbio Eletrônico de Dados). O resultado desta transmissão de requerimentos a todas as plantas foi que uma parte maior da cadeia pôde operar com a lógica da “puxada”. Por fim, toda a base de fornecedores foi integrada via EDI, e isto diminuiu muito os *lead times* no ciclo de planejamento.

Para se chegar no estágio de *Leagility*, o ponto de desacoplamento, em que ocorre a diferenciação dos produtos, foi implantado na etapa de montagem final. Este ponto de desacoplamento permite que a companhia funcione com uma estratégia *Assemble-to-Order*, com uma grande variedade de produtos, volumes e regiões de vendas. Produtos específicos agora são puxados pela demanda atual nas vendas, e, na parte da cadeia antes do ponto de desacoplamento, os fornecedores trabalham com uma programação nivelada (variações de curto prazo de aproximadamente 10%, para mais ou para menos). A principal restrição para a escolha do ponto de desacoplamento foi o *lead time* máximo que os consumidores estavam dispostos a esperar. Se o ponto de desacoplamento estivesse na etapa da sub-montagem, o produto demoraria até 22 semanas para estar finalizado, ao passo que, no ponto escolhido, o *lead time* é de 4 semanas. A parte enxuta da cadeia é consideravelmente mais rápida (em um fator de 10 para 1), o que é muito importante já que novas tecnologias em componentes podem resultar em uma rápida e dispendiosa obsolescência mesmo depois do ponto de desacoplamento.

4 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo das últimas décadas, o mercado consumidor sofreu grandes transformações. Para que as empresas possam prosperar neste meio, é necessário que estejam totalmente alinhadas às expectativas dos consumidores. Por isso, a escolha de um paradigma produtivo deve ser baseada na concepção de valor por parte do cliente. Deve-se conhecer a extensão da variabilidade na demanda, e da variedade de produtos. Uma total compreensão de valor na ótica do consumidor permitirá às organizações oferecer o produto correto, dentro das necessidades dos consumidores. Tendo esta compreensão, poderá se identificar o ponto de diferenciação de produtos para se estabelecer *lead times* necessários para se atingir um nível de *market qualifier*. Uma vez que todos estes fatores forem atingidos, poderá se reestruturar a empresa de acordo com o paradigma mais adequado, seja a Manufatura Ágil, Manufatura Enxuta, ou integrando conceitos de ambas as mentalidades, estabelecendo-se o *Leagility*.

Os conceitos de *order winners* e *order qualifiers*, explicitados neste estudo, deixam clara a necessidade de compreensão do mercado em que se está inserido, para uma escolha correta da mentalidade produtiva. A Manufatura Ágil traz competitividade para companhias cujos consumidores desejam resposta rápida e alta variedade de produtos. Já a Manufatura Enxuta oferece significativa redução de custos e alta qualidade.

O *Leagility* pode ser implementado com sucesso em companhias que têm a possibilidade de estabelecer um ponto de desacoplamento e estoques estratégicos para a postergação de etapas em seus processos produtivos. Uma implementação cuidadosa pode trazer muitas vantagens para a empresa e para o consumidor. Porém, há de se ter cuidado nesta implementação para que as partes enxuta e ágil da cadeia sejam bem definidas. Existe um risco de se perder o foco tanto na parte enxuta quanto na parte ágil da cadeia, o que traria resultados desastrosos. Dependendo do contexto do mercado, uma abordagem puramente *lean* ou puramente ágil pode ser o mais adequado, embora ser enxuto seja condição necessária à agilidade. Já uma implementação num outro mercado, como o caso da empresa fabricante de produtos eletrônicos, provou-se muito vantajosa. Portanto, o *Leagility* pode ser considerado um paradigma aplicável e vantajoso, dependendo do contexto dos produtos oferecidos, do mercado inserido, e, muito importante, dependendo do perfil do consumidor.

4.1 Contribuição do Trabalho

O objetivo do trabalho, estudar a Manufatura Ágil, a Manufatura Enxuta, e suas possibilidades de combinação, foi cumprido, embora os estudos tenham tido cunho teórico.

Os paradigmas Ágil e Enxuto foram comparados, bem como a proposta do *Leagility*. Ficaram claras as diferenças entre todos e também viu-se que nenhum dos paradigmas

pode ser considerado isoladamente, ou como uma progressão. Os paradigmas são complementares dentro da estratégia correta para a cadeia de suprimentos. O estudo de caso da rede de *fast foods*, analisado aqui, deixa claro este ponto. A melhor estratégia, neste caso, foi uma combinação entre paradigmas, e não o isolamento. Como cada companhia tem um mercado específico, outras combinações certamente podem acontecer e serem mais adequadas à situação.

O conceito de *Leagility* foi apresentado como uma boa alternativa para empresas que estão inseridas num contexto em que nem a mentalidade ágil e nem a enxuta proporcionam os resultados desejados isoladamente. O ponto de desacoplamento, e a postergação de etapas no processo produtivo, podem ser de grande valia para companhias apresentarem características desejadas pelo consumidor como responsividade e variedade de produtos, com um baixo *lead time*.

4.2 Limitações do Trabalho

A maior limitação do trabalho foi a sua realização em caráter exclusivamente teórico. Realizar estudos de casos reais certamente agregaria valor ao mesmo. Embora os artigos e livros utilizados no estudo de *Leagility* sejam oriundos de *journals* e outras fontes conceituadas, o número de artigos relevantes à pesquisa foi bastante escasso.

O conceito de *Leagility*, por ser muito novo, ainda não encontra-se totalmente estabelecido no meio acadêmico, com poucos estudos a respeito. Os estudos encontrados são, em sua maioria, conceituais e teóricos. Nota-se que as definições de Manufatura Ágil são relativamente novas e todas são voltadas à resposta rápida. Algumas definições de Manufatura Ágil são ainda um tanto “vagas”, e puramente conceituais. A Manufatura Enxuta, por sua vez, está mais estabelecida no meio acadêmico e industrial, e possui roteiros e práticas mais tangíveis que a Manufatura Ágil, bem como um maior número de resultados de sua aplicação.

4.3 Trabalhos Futuros

Os resultados da implantação do *Leagility* em diferentes mercados podem ser abordados em estudos mais profundos, inclusive realizando estudos de caso abordando a implantação deste paradigma em diferentes setores da indústria ou serviços. Outra sugestão para trabalhos futuros seria avaliar os efeitos de diferentes posicionamentos do ponto de desacoplamento em cadeias de suprimentos.

REFERÊNCIAS

- ABAIR, R. A. **Agile Manufacturing: this is not just repacking of material requirements planning and just-in-time.** Annual International Conference Proceedings - American Production and Inventory Control Society, p. 196–198, 1997.
- AGARWAL, A.; SHANKAR, R.; TIWARI, M. K. **Modeling agility of supply chain.** Industrial Marketing Management, v. 36, 2007.
- ASSEN, M. F. **Agile-based competence management: the relation between agile manufacturing and time-based competence management.** International Journal of Agile Management Systems, v. 2, 2000.
- BARAMICHA, M.; , E. W. Zimmers Jr ; MARANGOS, C. A. **Agile supply chain transformation matrix: an integrated tool for creating an agile enterprise.** Supply Chain Management: An International Journal, v. 12, n. 5, 2007.
- BOOTH, R. **Agile Manufacturing.** Engineering Management Journal, n. 6, 1996.
- BUNCE, P.; GOULD, P. **From Lean to Agile Manufacturing.** IEE Coloquium (Digest), n. 278, 1996.
- CARVALHO, H.; DUARTE, S.; MACHADO, V. C. **Lean, agile, resilient and green: divergencies and synergies.** International Journal of Lean Six Sigma, v. 2, n. 2, 2011.
- CHRISTOPHER, M.; TOWILL, D. R. **Supply chain migration from lean and functional to agile and customized.** Supply Chain Management: An International Journal, v. 5, n. 4, 2000.
- FISHER, M. L. **The right supply chain for your product.** Harvard Business Review, n. Março-Abril, 1997.
- GHINATO, P. **Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção. Em: Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações, Almeida, A. e Souza, F. 1. ed. Recife: Editora UFPE, 2000.**
- GOLDMAN, S. L.; NAGEL, R. N.; PREISS, K. **Agile Competitors and Virtual Organizations: Strategies for Enriching the Customer.** 1. ed. New York: Wiley, 1994.
- GOULD, P. **What is Agility.** Manufacturing Engineer, n. 76, 1997.
- GUNASEKARAN, A. **Agile Manufacturing: enablers and an implementation Framework.** International Journal of Production Research, v. 36, 1998.

- GUNASEKARAN, A.; YUSUF, Y. Y. **Agile Manufacturing: A taxonomy of strategic and technological imperatives**. International Journal of Production Research, v. 40, n. 6, 2002.
- HILL, T. **Manufacturing Strategy: Text and Cases**. 2. ed. London: Macmillan, 1993.
- HOEK, R. I. van. **The thesis of leagility revisited**. International Journal of Agile Management Systems, n. 2, 2000.
- HONG, M.; PAYANDEH, S.; GRUVER, W. A. **Modelling and analysis of flexible fixturing systems for agile manufacturing**. Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, n. 2, 1996.
- JOHANSSON, H. J. et al. **Business process reengineering : breakpoint strategies for market dominance**. 1. ed. Chichester: John Wiley and Sons, 1993.
- KASARDA, J. D.; RONDINELLI, D. A. **Innovative infrastructure for agile manufacturers**. Sloan Management Review, v. 39, n. 2, 1998.
- MASON-JONES, R.; NAYLOR, B.; TOWILL, D. R. **Engineering the leagile supply chain**. International Journal of Agile Management Systems, v. 2, n. 1, 2000.
- NAGEL, R. N.; DOVE, R. **21st Century Manufacturing Enterprise Strategy**. Dissertação (Mestrado) — Iacocca Institute, Lehigh University, Bethlehem, PA, 1991.
- NAYLOR, J. B.; NAIM, M. M.; BERRY, D. **Developing Lean And Agile Supply Chains In The UK Housebuilding Industry**. [S.l.], 1999.
- NAYLOR, J. B.; NAIM, M. M.; BERRY, D. **Leagility: integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain**. International Journal of Production Economics, v. 62, 1999.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PIERCY, N.; RICH, N. **Lean transformation in the pure service environment: the case of the call service centre**. International Journal of Operations and Production Management, v. 29, n. 1, 2009.
- RAHIMNIA, F.; MOGHADASIAN, M.; CASTKA, P. **Benchmarking leagility in mass services**. Benchmarking: An International Journal, v. 16, n. 6, 2009.
- ROBERTSON, M.; JONES, C. **Application of Lean Production and Agile Manufacturing concepts in a telecommunications environment**. International Journal of Agile Management Systems, n. 1, 1999.

TRACY, M. J. et al. **Achieving Agile Manufacturing: Part II.** Automotive Engineering, n. 102, 1994.

TU, Y. **Production planning and control in a virtual one-of-a-kind production company.** Computers in Industry, n. 33, 1997.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riquezas.** Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o Mundo.** 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992.