

Luiz Eduardo Simão

**MÉTODO PARA SELEÇÃO DE UM PORTFÓLIO DE
ESTRATÉGIAS DE POSTERGAÇÃO EM
REDES LOGÍSTICAS**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutor em Engenharia de Produção. Orientadora: Prof^a. Mirian Buss Gonçalves, Dr^a.

Florianópolis/SC
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Simão, Luiz Eduardo

Método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas / Luiz Eduardo Simão ; orientadora, Mirian Buss Gonçalves - Florianópolis, SC, 2015. 288 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Inclui referências

1. Engenharia de Produção. 2. Logística Empresarial. 3. Estratégias de Postergação. 4. Portfólio de Estratégias . I. Gonçalves, Mirian Buss. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. III. Título.

Luiz Eduardo Simão

**MÉTODO PARA SELEÇÃO DE UM PORTFÓLIO
DE ESTRATÉGIAS DE POSTERGAÇÃO EM
REDES LOGÍSTICAS**

Esta tese de doutorado foi julgada adequada para a obtenção do grau de “Doutor em Engenharia de Produção”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 30 de junho de 2015.

Prof.^a Dr.^a Lucila Maria de Souza Campos
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Mirian B.Gonçalves
Orientadora
UFSC

Prof. Dr. Neimar Follmann,
Examinador Externo
UTFPR

Prof. Dr. Jandecy C. Leite
Examinador Externo
ITEGAM

Prof. Dr.Francisco G.M.Freires
Examinador Externo
UFBA

Prof. Dr.Carlos M. T.Rodriguez
UFSC

Prof. Dr. Ricardo V. Davalos
UFSC

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Alexandra e aos meus filhos Felipe e Mariana, pelo apoio, incentivo e paciência, durante esta jornada.

À professora Mirian Buss Gonçalves, pela confiança, apoio, incentivo e orientação, no desenvolvimento deste trabalho.

À todos os professores do PPGEF, pelo compartilhamento do conhecimento e orientações, especialmente ao professor Carlos M. Taboada Rodriguez, pela especial atenção dispensada na elaboração desta tese e por ter mostrado o caminho.

Gostaria de agradecer também ao professor Axel Kuhn, pela oportunidade concedida à realização do doutorado sanduiche no *Fraunhofer Institute Materialfluss und Logistik – IML*, junto ao LFO *Lehrstuhl für Fabrik Organisation* na *Technischen Universität Dortmund*, como pesquisador visitante.

A todos os meus colegas de estudo no Brasil, especialmente Alexandre Manoel dos Santos. Gostaria de agradecer também, aos demais colegas do NPLOG, ORLAB, GELOG e LDL.

A todos os meus colegas do *Fraunhofer Institute IML* na Alemanha, em especial o amigo Hannes Winckler e Kajta Kligennbel, pelo total apoio e ajuda durante o estágio no exterior.

Aos membros das empresas industriais pela receptividade e participação, bem como pela importante contribuição na realização deste estudo. Aos legitimadores pela doação do seu valioso tempo para responder o parecer e os outros instrumentos de levantamento de dados desta pesquisa.

Agradeço também aos colaboradores do PPGEF, especialmente a Rosemeri Maria de Souza (Meri), pelo seu bom atendimento e por estar sempre disponível para tirar dúvidas, e fornecer informações e orientações valiosas.

A CAPES, pelo apoio durante todo o estágio no exterior.

Aos meus queridos pais, Wilson e Maurina (*in memoriam*), pela oportunidade e o incentivo aos estudos.

RESUMO

SIMÃO, L.E. **MÉTODO PARA SELEÇÃO DE UM PORTFÓLIO DE ESTRATÉGIAS DE POSTERGAÇÃO EM REDES LOGÍSTICAS**, 2015. Tese de Doutorado em Engenharia da Produção – Logística e Transportes – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

Este estudo busca desenvolver um método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação para redes logísticas industriais. No atual contexto competitivo, a competição acirrada tem levado ao aumento da variedade de produtos oferecidos aos clientes. Como consequência, fatores como o excesso de inventário e o aumento da incerteza da demanda tem afetado o desempenho da rede logística em termos de sua eficiência e eficácia. Para lidar com esse problema, considerou-se a postergação com base no tempo, que compreende adiar (ou postergar) os processos da rede logística até o último momento no tempo, após o recebimento do pedido do cliente. Inicialmente, o método proposto foi legitimado por um grupo de especialistas e gestores. Em seguida, o método foi testado empiricamente na forma de dois estudos de casos em redes logísticas com características operacionais contrastantes. Para a seleção das estratégias de postergação, foi utilizada uma abordagem integrada, composta de uma análise estática (analítica), seguida de uma análise dinâmica (simulação). Como resultado desse estudo, foram identificados os pontos de penetração de pedidos (OPP) para diferentes cenários em função ao tempo de entrega aceito pelo cliente. As configurações de rede com os melhores desempenhos em: (1) custo total; (2) tempo de entrega; e (3) nível de serviço, identificados na otimização analítica, foram então confirmadas através de um modelo de simulação computacional. Ao final, as configurações da rede confirmadas na etapa de simulação, permitiu a seleção de um portfólio de estratégias de postergação, para diferentes segmentos de produtos-clientes, com propostas de valor específicas para ambas as redes logísticas.

Palavras chave: Postergação; Rede Logística; Processos; Portfólio.

ABSTRACT

This study aims to develop a method for selecting a portfolio of postponement strategies for industrial logistics networks. The current competitive environment, fierce competition has led to increased variety of products offered to customers. Consequently, factors such as excess inventory and increased demand uncertainty has affected the logistics network performance in terms of efficiency and effectiveness. To address this problem, it was considered the postponement based on time, comprising postpone (or delay) the logistics network processes until the last moment in time and after receiving the client's request. Initially, the proposed method was legitimized by a group of specialists and managers. Then the method was tested empirically in the form of two case studies in logistics networks with contrasting operational characteristics. For the selection of postponement strategies, an integrated approach composed of a static analysis (analytical), then a dynamic analysis was used (simulation). As a result of this study, applications for order penetration point was identified (OPP) for different scenarios depending on the delivery time accepted by the customer. Network configurations with the best performance of: (1) the total cost; (2) Delivery time; and (3) service level, identified in analytical optimization, were then confirmed through a computer simulation model. In the end, the network settings confirmed in the simulation step, allows the selection of a portfolio of postponement strategies for different product segments customers, with specific value propositions for both logistics networks.

Keywords: Postponement; Logistics Network; Processes; Portfolio.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fronteira da eficiência.....	27
Figura 2 – Potencial das estratégias de postergação.....	28
Figura 3 – Exemplo de uma rede logística e seus fluxos.....	34
Figura 4 – Processo de pesquisa dedutivo na construção e aplicação do método.....	36
Figura 5 – Epistemologia, abordagem teórica, metodologia e métodos e técnicas da tese	37
Figura 6 – Processo de desenvolvimento da pesquisa.....	44
Figura 7 – Estrutura de organização da tese.....	53
Figura 8 – Exemplo de uma rede logística.....	58
Figura 9 – O triângulo de sucesso da logística.....	60
Figura 10 - Elementos e parâmetros da cadeia de processos.....	67
Figura 11 – Influência da variabilidade da demanda do cliente	68
Figura 12 – Problemas logísticos ocultos por alto nível de inventário.....	70
Figura 13 – Topologias de rede e gestão de inventários na rede logística.....	71
Figura 14 – Evolução do escopo de aplicação do conceito de postergação.....	75
Figura 15 – Relação entre as tipologias de postergação e os benefícios do seu uso.....	90
Figura 16– OPP do fluxo de material e OPP do fluxo de Informação.....	100
Figuras 17 – Lógicas de controle de redes logísticas	102
Figura 18 – Abordagens utilizadas para a estruturação da avaliação do desempenho de sistemas logísticos.....	109
Figura 19 – Diferentes formas de análise de um sistema.....	115
Figura 20 – Resumo dos fatores e parâmetros considerados na tese.....	124
Figura 21– Medição do prazo de entrega na cadeia de processos logísticos.....	126
Figura 22 – Modelo para medição de desempenho triplo E... ..	132
Figura 23 – Fatores influenciando as opções de postergação na rede logística.....	136

Figura 24 - Método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas.....	137
Figura 25 – Modelo teórico do cubo para seleção de estratégias de postergação em redes logísticas.....	140
Figura 26 – Rede logística baseada na lista de materiais de um produto (BOM).....	142
Figura 27 – Diagrama esquemático para uma abordagem integrada na seleção das estratégias de postergação na rede logística.....	151
Figura 28 – Arquitetura simulador OTD-NET.....	152
Figura 29 – Modelo de estrutura da rede logística com OTD-NET.....	153
Figura 30 – Processo de simulação.....	154
Figura 31 - Estrutura da família de produto cadeira odontológica e variedade.....	163
Figura 32- Estrutura da família de produto selim motocicleta e variedade.....	166
Figura 33 – Mapa atual da rede logística Olsen.....	175
Figura 34 – Mapa atual da rede logística Springer.....	177
Figura 35 - Configuração rede logística Olsen cenário 1.....	181
Figura 36 - Configuração rede logística Olsen cenário 2.....	182
Figura 37 - Configuração rede logística Olsen cenário 3.....	183
Figura 38 - Configuração rede logística Olsen cenário 4.....	185
Figura 39 - Configuração rede logística Springer cenário 1...	189
Figura 40 - Configuração rede logística Springer cenário 2...	191
Figura 41 - Configuração rede logística Springer cenário 3...	192
Figura 42 - Configuração rede logística Springer cenário 4...	193

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Medidas de desempenho para postergação.....	114
Tabela 2 - Posicionamento dos diferentes OPP's na rede logística.....	147
Tabela 3 - Resumo resultados questionário para os estudos de casos.....	162
Tabela 4 - Volume e variabilidade da demanda Olsen.....	165
Tabela 5 - Resumo análise ABC de vendas Olsen.....	165
Tabela 6 - Volume e variabilidade da demanda Springer.....	168
Tabela 7 - Resumo análise ABC de vendas Springer.....	169
Tabela 8 - Resultados da otimização para localização OPP's para a rede logística Olsen.....	180
Tabela 9 - Resultados da otimização para localização OPP's para a rede logística Springer.....	188
Tabela 10 - Previsão da demanda dos clientes Olsen.....	196
Tabela 11 - Comparativo de desempenho das abordagens analíticas e de simulação para rede logística Olsen	197
Tabela 12 – Previsão da demanda dos clientes Springer.....	198
Tabela 13 – Comparativo de desempenho das abordagens analíticas e de simulação para a rede logística Springer.....	200

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC - Análise ABC de vendas
ABREPO – Associação Brasileira de engenharia de Produção
APICS - *Association for Operations Management*
ATO – *Assembly to Order*
BOM – *Bill of Materials*
BPM - *Business Performance Measurement*
BTO – *Build to order*
BTS – *Build to stock*
CAPES- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CO₂ - Dióxido de carbono
CODP - *Customer order decoupling point*
CSCMP - *Council of Supply Chain Management and Professionals*
DLT - *Delivery Lead Time*
DP - *Decoupling point*
FDC - Fundação Dom Cabral
GELOG – Grupo de Estudos Logísticos UFSC
GME - *Graphical Modeling Environment*
IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers
ILOS - Instituto de Logística e Supply Chain
IML - *Fraunhofer Institute Materialfluss und Logistik*
INFORMS - Institute for Operations Research and the Management Sciences
LDL – Laboratório de Desempenho Logístico UFSC
LTP – *Process Lead Time*
NPLOG - Núcleo de Pesquisa em Logística UFSC
OPP – *Order Penetration Point*
ORLAB – Laboratório de Pesquisa Operacional UFSC
OTD-NET – *Order to Delivery Network*
PPGEP – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção
SciELO - Scientific Electronic Library Online
SCM - Supply Chain Management
SCOR - *Supply Chain Operations Reference*
SKU - *Stock Keep Unit*
VDI - *Verein Deutsche Ingenieure*

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Resultado do questionário para seleção dos estudos de casos.....	162
Gráfico 2 – Perfil da demanda dos produtos da família equipamento odontológico Olsen.....	164
Gráfico 3 – Perfil da demanda dos produtos da família selim motocicleta Springer.....	167
Gráfico 4 – Resultados comparativos em relação ao fator produto.....	170
Gráfico 5 – Resultados comparativos em relação ao fator processo.....	171
Gráfico 6 – Resultados comparativos em relação ao fator mercado.....	172
Gráfico 7 - Resultados comparativos em relação ao fator rede logística.....	173
Gráfico 8 – Fronteira da eficiência para a rede logística Olsen	186
Gráfico 9 – Fronteira da eficiência para a rede logística Springer.....	190

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Evolução do conceito de postergação.....	80
Quadro 2 – Diferentes visões do conceito de postergação.....	84
Quadro 3 – Novas Tipologias de Postergação.....	91
Quadro 4– Fatores limitadores da utilização de estratégias de postergação.....	97
Quadro 5 – Características que influenciam na localização do OPP.....	103
Quadro 6 – Análise do perfil.....	106
Quadro 7 – Indicadores de desempenho para redes logísticas.	111
Quadro 8 – Abordagens analíticas de postergação.....	118
Quadro 9 – Modelo integrado de medição para a avaliação de desempenho de redes logísticas.....	134
Quadro 10 – Resumo dos componentes de custos logístico total utilizado na tese.....	146
Quadro 11 – Exemplo de um portfólio de estratégias de postergação.....	156
Quadro 12 – Portfólio de estratégias de postergação rede para a logística Olsen.....	202
Quadro 13 – Portfólio de estratégias de postergação rede para a logística Springer.....	204

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	25
1.1 OBJETIVOS.....	28
1.1.1 Objetivo Geral	29
1.1.2 Objetivos Específicos.....	29
1.2 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA	29
1.3 RELEVÂNCIA.....	31
1.4 CONTRIBUIÇÕES.....	32
1.5 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA	33
1.6 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	34
1.6.1 Abordagem Qualitativa e Quantitativa.....	35
1.6.2 Abordagem Indutiva e Dedutiva.....	35
1.6.3 Abordagem Teórica da Pesquisa.....	37
1.6.4 Epistemologia.....	38
1.6.5 Perspectiva Teórica.....	38
1.6.6 Metodologia de Pesquisa.....	39
1.6.7 Métodos e Técnicas de Pesquisa.....	40
1.7 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	43
1.7.1 Escopo Teórico.....	45
1.7.2 Desenvolvimento.....	48
1.7.3 Escopo Empírico.....	51
1.7.4 Resultados Teóricos e Empíricos.....	52
1.8 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	52
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	55
2.1 FUNDAMENTOS DAS REDES LOGÍSTICAS.....	55
2.1.1 O Valor da Logística.....	60
2.1.2 Estratégias da Rede Logística.....	62
2.1.3 A Cadeia de Processos Logísticos.....	66
2.1.4 Gestão de Inventário em Redes Logísticas.....	70
2.1.5 Flexibilidade em Redes Logísticas.....	73
2.2 FUNDAMENTOS DAS ESTRATÉGIAS DE POSTERGAÇÃO.....	73
2.2.1 Evolução do Escopo e do Conceito de Postergação....	73
2.2.2 As Diferentes Visões do Conceito de Postergação.....	83

2.2.3 Questões Relevantes Sobre a Evolução do Escopo e do Conceito.....	85
2.2.4 Tipologias de Postergação.....	88
2.2.5 Limites do Uso de Postergação.....	96
2.2.6 Ponto de Penetração do Pedido (OPP).....	98
2.3 FATORES DIRECIONADORES PARA A ADAPTAÇÃO DE ESTRATÉGIA DE POSTERGAÇÃO EM REDES LOGÍSTICAS.....	104
2.3.1 Abordagem VAN HOEK	105
2.3.2 Abordagem PUGH e COOPER	105
2.3.3 Abordagem WINKNER e WONG.....	106
2.3.4 Abordagem KISPERSKA-MORON e SWIERCZEK.....	106
2.4 FUNDAMENTOS DA MEDIÇÃO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE REDES LOGÍSTICAS.....	107
2.4.1 Indicadores de Desempenho em Redes Logísticas....	109
2.4.2 Indicadores de Desempenho para Postergação.....	113
2.5 FORMAS GERAIS DE ANÁLISE DE SISTEMAS LOGÍSTICOS.....	114
2.5.1 Modelos Estáticos para Seleção de Estratégias de Postergação em redes logísticas.....	117
2.5.2 Modelos Dinâmicos para Seleção de Estratégias de postergação em redes logísticas.....	121
2.6 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	122
3. DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO PARA SELEÇÃO DE UM PORTFÓLIO DE ESTRATÉGIAS DE POSTERGAÇÃO EM REDES LOGÍSTICAS.....	123
3.1 ABORDAGEM DA CADEIA DE PROCESSOS LOGÍSTICOS.....	123
3.1.1 Fator Processo.....	123
3.1.2 Fator Estrutura.....	126
3.1.3 Fator Recursos.....	126
3.1.4 Fator Controle.....	128
3.2 DEFINIÇÃO DOS FATORES DIRECIONADORES PARA SELEÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE POSTERGAÇÃO.....	128
3.2.1 Produto.....	129
3.2.2 Processo.....	130
3.2.3 Mercado.....	130
3.2.4 Rede Logística.....	131

3.3	DEFINIÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO UTILIZADOS PARA SELEÇÃO DE ESTRATÉGIA DE POSTERGAÇÃO EM REDES LOGÍSTICAS.....	132
3.4	A CONCEPÇÃO DE UM MÉTODO PARA SELEÇÃO DE UM PORTFÓLIO DE ESTRATÉGIAS DE POSTERGAÇÃO EM REDES LOGÍSTICAS.....	136
3.4.1	Selecionar a Família de Produtos.....	138
3.4.2	Identificar o Perfil Operacional da Rede Logística...	138
3.4.3	Definir o Escopo de Análise da Rede Logística.....	139
3.4.4	Identificar as Opções de Postergação da Rede Logística.....	140
3.4.4.1	Análise Estática - Modelo Matemático para Localização dos Múltiplos Pontos de Penetração de Pedidos (OPP) em Redes Logísticas.....	141
3.4.4.2	Análise Dinâmica - Modelo de Simulação para Seleção de Estratégias de Postergação em Redes Logísticas usando OTD-NET.....	151
3.4.5	Avaliação e Recomendações.....	155
3.6	SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	157
4.	ABORDAGEM EMPÍRICA DO MÉTODO PARA SELEÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE POSTERGAÇÃO EM REDES LOGÍSTICAS.....	159
4.1	ESTUDOS DE CASOS MÚLTIPLOS E CONTRASTANTES.....	159
4.2	DEFINIÇÃO DA FAMÍLIA DE PRODUTOS.....	162
4.2.1	Estudo de Caso 1 – Olsen.....	162
4.2.2	Estudo de Caso 2 – Springer.....	166
4.3	CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DA REDE LOGÍSTICA.....	169
4.3.1	Fator Produto.....	170
4.3.2	Fator Processo.....	171
4.3.3	Fator Mercado.....	171
4.3.4	Fator Rede Logística.....	172
4.4	DEFINIÇÃO DO ESCOPO DE ANÁLISE DA REDE LOGÍSTICA.....	173
4.4.1	Estudo de Caso 1 – Olsen.....	174
4.4.2	Estudo de Caso 1 – Springer.....	176
4.5	ANÁLISE ESTÁTICA.....	178

4.5.1 Estudo de Caso 1 – Olsen.....	178
4.5.2 Estudo de Caso 1 – Springer.....	187
4.6 ANÁLISE DINÂMICA.....	194
4.6.1 Estudo de Caso 1 – Olsen.....	195
4.6.2 Estudo de Caso 1 – Springer.....	198
4.7 RECOMENDAÇÕES DE UM PORTFÓLIO DE ESTRATÉGIAS POSTERGAÇÃO.....	199
4.7.1 Estudo de Caso 1 – Olsen.....	201
4.7.2 Estudo de Caso 1 – Springer.....	203
4.8 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	205
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	207
5.1 CONCLUSÕES.....	207
5.2 RECOMENDAÇÕES.....	209
REFERÊNCIAS.....	211
APÊNDICE	229
APÊNDICE A - PARECER DE LEGITIMAÇÃO DO MÉTODO POR PARTE DOS ESPECIALISTAS.....	230
APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DA REDE LOGÍSTICA.....	245
APÊNDICE C - LISTA DE DADOS DA REDE LOGÍSTICA.....	282
APÊNDICE D – MODELOS LINDO.....	283
APENDICE E – ANÁLISE SENSIBILIDADE.....	287

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a criação de valor acontece cada vez mais dentro das estruturas de redes logísticas, onde vários participantes desempenham tarefas especializadas. Uma rede logística engloba todos os estágios, materiais e informações, envolvidos no processo de atendimento dos pedidos dos clientes (CHOPRA e MEINDL, 2006). Essas redes logísticas tornaram-se cada vez mais globalizadas e têm de se ajustar a mudanças no ambiente dos negócios (por exemplo, mudanças na demanda), bem como mudanças dentro da própria rede logística (por exemplo, mudanças na capacidade dos fornecedores ou nos prazos de entrega dos clientes), de uma maneira rápida (prazo de entrega curto) e eficiente em custos (baixo custo total), sem, contudo, comprometer o nível de serviço oferecido. Com isso, os gestores estão entendendo que é cada vez mais difícil ter o produto certo, no lugar certo e na hora certa, porque, recebendo o produto, no lugar ou na hora errada, resultará em qualquer excesso de inventário ou vendas perdidas, e, em ambos os casos os custos aumentam, e, por isso, não são desejáveis.

Como uma das maiores questões na logística, os inventários têm uma influência significativa no desempenho logístico de uma empresa ou de uma rede logística inteira, uma vez que a sua quantidade e localização são vitais para a satisfação das necessidades dos clientes (MANGAN, LALWANI, BUTCHER, 2010; CHOPRA e MEINDL, 2006; RUSCHTON, OXLEY, CROUCHER, 2002). Dessa forma, a quantidade e a localização de inventários, que uma rede logística (ou cadeia de suprimentos) mantém, é um importante meio de alcançar seus objetivos, uma vez que, enquanto níveis inventários insuficientes podem impactar significativamente na satisfação dos clientes, o excesso de inventário consome uma grande quantidade de recursos e pode reduzir o lucro. Acentuando o problema dos inventários excedentes, existe também a tendência no aumento da proliferação na variedade de produtos (JOHNSON e ANDERSON, 2000; YANG e BURNS, 2003). Esse crescimento do número de produtos pode ser atribuído a uma série de fatores, incluindo o aumento da concorrência global, diferentes linguagens dos clientes, diferentes regulamentações governamentais e as diferentes preferências dos clientes, ou seja, depende do local onde o produto está sendo vendido (LEE, 1996; JOHNSON e ANDERSON 2000). Nesse novo ambiente dos negócios, os clientes e consumidores ficaram mais sofisticados e exigentes, uma vez que exigem maior

variedade e customização dos produtos (LEE, 2002; YANG e BURNS, 2003). Contudo, o elevado número de itens causa problemas para os gerentes das redes logísticas, que têm de alcançar alta precisão das previsões para um grande número de itens de forma a atender clientes que exigem altos níveis de serviço e prazos curtos (LEE, 2002).

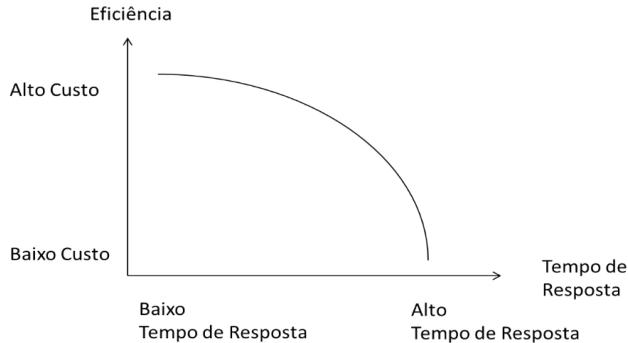
De forma geral, esses fatores têm levado ao aumento da competitividade, agora em escala global, mas também ao aumento da vulnerabilidade e dos riscos nessas redes logísticas. Essas pressões competitivas passaram a exigir das empresas, maiores investimentos e atenção às suas redes logísticas, de forma a capacitá-las a atender, com flexibilidade, aos pedidos de uma grande variedade de produtos, com prazos e custos cada vez mais reduzidos, sendo que as empresas vitoriosas nesse novo ambiente, são as empresas que tem maior capacidade de reação (CHRISTOPHER e TOWILL, 2000). Porém, segundo LEE (2004), atualmente não basta apenas tornar as redes logísticas mais responsivas e eficientes em custos, pois isso não garante mais vantagens competitivas sobre os seus concorrentes. Além de serem velozes e operarem a baixos custos, as redes de alto desempenho (Ex.: Dell, Wal-Mart, Amazon), devem possuir três atributos, conhecidos como triplo A, que lhes dão vantagens competitivas duradouras sobre os concorrentes: (1) agilidade; (2) adaptação; e (3) alinhamento. O atributo agilidade significa que as redes logísticas reagem velozmente a mudanças súbitas na demanda ou no suprimento. Já no atributo adaptação, as redes logísticas adaptam suas estratégias, ao longo do tempo às mudanças estruturais do mercado. Por último, essas redes logísticas alinham seus interesses e de todos os participantes de forma a otimizar o desempenho da rede e maximizar seus ganhos (LEE, 2004).

Esse novo cenário competitivo tem imposto grandes desafios para o gerenciamento da rede logística em termos de fatores de desempenho importantes como custo, tempo, qualidade, flexibilidade, e, também, a um novo tipo de valor relacionado ao aspecto ecológico. Com isso, um dos principais desafios atuais no setor industrial é ser eficiente (ex. baixo custo), eficaz (ex.: prazo de entrega curto) no atendimento aos clientes, e com baixo impacto no meio ambiente (ex.: baixa emissão de dióxido de carbono (CO₂), sem, contudo, comprometer o nível de serviço oferecido ao cliente. Face ao exposto, pretende-se responder ao seguinte problema: *Como melhorar eficiência de uma rede logística e ao mesmo tempo a eficácia, sem comprometer o nível de serviço?*

Uma forma de visualizar o relacionamento entre eficiência e a eficácia dos diferentes níveis de desempenho da rede logística é ilustrada na Figura 1. A Figura 1 mostra o *trade-off* existente entre as necessidades

dos clientes, que demandam uma alta eficácia (ex.: menor prazo entrega), e, as redes logísticas que os servem, cujo foco é alcançar uma alta eficiência (ex.: baixo custo total).

Figura 1 – Fronteira da eficiência



Fonte: Adaptado de SIMCHI-LEVI (2010, p.9)

A curva ilustrada na Figura 1 é denominada fronteira da eficiência, e, representa a relação entre o custo (eficiência) e o tempo de resposta (eficácia) para o conjunto de estratégias utilizadas na rede logística (SIMCHI-LEVI, 2010). Idealmente, é esperado que uma rede logística obtenha um alto desempenho logístico com o menor custo logístico. Entretanto, esses dois objetivos de desempenho (custo e tempo) são incompatíveis entre si, uma vez que são conflitantes um com o outro (BALLOU, 2004). Assim, se a estratégia de rede logística tem como foco a eficiência (baixo custo logístico), não será possível alcançar um baixo tempo de atendimento do pedido do cliente (alto desempenho logístico). Por outro lado, se o foco da estratégia da rede logística é no baixo tempo de resposta (alta eficácia) então, não será possível reduzir o custo logístico (alta eficiência), pois será necessário manter um alto nível inventário disponível para atender ao pedido do cliente de forma imediata.

Várias abordagens, estratégias e ferramentas foram desenvolvidas e podem ser utilizadas para tratar o problema de pesquisa, entre elas: customização em massa; logística enxuta; logística classe mundial, entre outras. Entretanto, o autor desta tese considera que uma resposta natural a esse problema é a utilização de estratégias de postergação na rede logística como será apresentado ao longo dessa pesquisa.

A seleção de estratégias de postergação desempenha um importante papel no projeto de redes logísticas, uma vez que essas

estratégias influenciam fortemente, não apenas no desempenho da rede em termos de prazo de entrega e flexibilidade, mas também tem um grande efeito no nível de inventário, e, conseqüentemente, no custo total de rede logística (VAN HOEK, VOS e COMMANDEUR, 1998; WHANG e LEE, 1998; YANG e BURNS, 2003). Além disso, a postergação é um conceito que tem a eficiência do conceito *lean* e a responsividade do conceito de agilidade juntos (VAN HOEK, 2001).

Dessa forma, o desenvolvimento de um portfólio de estratégias de postergação para redes logísticas pode ser usado como um meio de mover a fronteira da eficiência (ver Figura 2) do ponto A, correspondente à estratégia atual sem postergação, para um ponto B, com postergação.

Figura 2 – Potencial das estratégias de postergação



Fonte: Adaptado de SIMCHI-LEVI (2010, p.9)

Vários trabalhos na literatura demonstram (WHANG e LEE, 1998; LEE, 1998; YANG e BURNS e BLACKHOUSE, 2004) que a aplicação da estratégia de postergação na rede logística tem potencial para aumentar a sua flexibilidade, e, com isso, melhorar de forma simultânea, tanto o desempenho da rede em termos de eficiência (custo total) e eficácia (tempo de entrega).

Com base no acima exposto, na seção 1.1 são apresentados os objetivos a serem alcançados nesta tese, considerando o problema de pesquisa identificado na introdução.

1.1 OBJETIVOS

Com base no contexto competitivo, no problema de pesquisa identificado e na lacuna de ferramentas gerenciais existentes, esta tese

busca prover um guia gerencial para selecionar um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas. Para isso, a tese considera um objetivo geral e cinco objetivos específicos, todos descritos e detalhados a seguir.

1.1.1 Objetivo Geral

O presente projeto de pesquisa tem como objetivo geral: *Desenvolver um método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação para melhoria do desempenho em custo e tempo de atendimento, em redes logísticas industriais.*

Entretanto, enfrentar este desafio requer uma mudança das melhores práticas para uma abordagem mais científica e sistematizada que permita alinhar as diferentes estratégias de postergação, com as diferentes características operacionais da rede, as diferentes estratégias da rede logística, e as propostas de valor aos clientes.

Além do objetivo geral, esta tese tem objetivos específicos listados na seção 1.1.2.

1.1.2. Objetivos Específicos

Com base no objetivo geral, o presente projeto de pesquisa tem como objetivos específicos:

1. Definir o conceito de postergação com base no tempo, no contexto de redes logísticas;
2. Identificar os fatores direcionadores para adaptação das estratégias de postergação em redes logísticas;
3. Enumerar os indicadores de desempenho para estratégias de postergação em redes logísticas;
4. Analisar a funcionalidade do método e dos dados coletados.

Após definir o objetivo geral e os objetivos específicos da tese, a seguir é apresentada a motivação e a justificativa desta pesquisa, bem como a sua relevância e contribuição para a fronteira do conhecimento.

1.2 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

As estratégias postergação são consideradas atualmente, um conceito organizacional, pelo qual algumas das atividades na rede logística não são realizadas até que os pedidos dos clientes sejam

recebidos (VAN HOEK, 2001). Vários autores já identificaram os benefícios da postergação, entre eles, menores ciclos de desenvolvimento de produtos e menores custos, devido à redução de vendas perdidas, agilidade da rede logística e aumento na confiabilidade de entrega. Com relação à logística, são destacadas pelos autores a diminuição das despesas, diminuição dos custos com estoque e transporte, bem como o aumento da agilidade para responder rápido às mudanças nas preferências dos clientes (VAN HOEK, COMMANDEUR e VOS, 1998; VAN HOEK, 2001; YANG BURNS e BLACKHOUSE, 2004).

Além disso, juntamente com a consolidação, a estratégia de postergação é um dos conceitos fundamentais de uma estratégia logística baseada no tempo (BOWERSOX, CLOSS e COOPER, 2006), por isso, essas estratégias são susceptíveis em alterar a fronteira eficiência e criar oportunidades para reduzir custos e aumentar os níveis de serviço. (YANG BURNS e BLACKHOUSE, 2004; BOWERSOX, CLOSS e COOPER, 2006; SIMCHI-LEVI, 2010). Por exemplo, uma maior flexibilidade da rede é alcançada pelo adiamento do processo de montagem do produto final até o último momento no tempo. Assim, manter o produto na sua forma genérica permite um menor nível de inventário e a determinação de quanto de cada produto final produzir de acordo com a demanda real.

Todavia, apesar de o conceito de postergação ser agora largamente utilizado por vários tipos de organizações industriais (VAN HOEK, 2001), não foram identificados, durante a revisão na literatura, quaisquer trabalhos relacionados ao desenvolvimento de um método para seleção de um portfólio de estratégia de postergação em redes logísticas. Assim, a realização deste estudo se justifica, uma vez a grande maioria dos modelos existentes utilizam abordagens conceituais, geralmente, analíticas, e são limitados à análise da postergação da produção (BOONE, CRAIGHEAD e HANNA; 2007; ERNEST e KAMRAD, 2000; YANG, BURNS e BLACKHOUSE, 2004a). Esses modelos são focados nos custos (SWAMITHAN e LEE, 2002) e na definição de políticas ótimas de estoque. Além do mais, existem ainda, vários modelos conceituais focados nos benefícios, fatores facilitadores e abordagens para sua implantação (VAN HOEK, VOS e COMMANDEUR, 1998; PAGH e COOPER, 1998; VAN HOEK, 2001; BOONE, CRAIGHEAD e HANA; 2007).

Outra justificativa desta pesquisa, é que o método proposto utiliza uma abordagem que permite desenvolver a segmentação nas redes logísticas. No novo contexto competitivo, não é mais possível uma proposta de valor única para atender todos os clientes (THOMAS, 2012).

Assim, a segmentação das redes logísticas busca entender os clientes e suas necessidades para projetar um conjunto de opções de redes logísticas para melhor atendê-los. Isso é importante, uma vez que pouca atenção tem sido dada na literatura para a necessidade de utilizar estratégias de rede logística diferentes de forma concorrente, e como desenvolver e gerenciar estas múltiplas estratégias de redes logísticas (GODSELL et al, 2011).

Contudo, a presente pesquisa também pode ser justificada porque tem foco no *lead time* (tempo de processo e prazo de entrega), e também porque está baseada na abordagem da cadeia de processos logísticos de uma família de produto, onde um conjunto de fatores e parâmetros de projeto da rede logística são identificados e utilizados de forma a melhorar o desempenho da rede logística.

Por fim, a presente pesquisa pode ser justificada pois, amplia a entendimento do tema postergação no contexto de redes logísticas, além de demonstrar a relação causa e efeito entre a seleção de estratégias de postergação e a localização de múltiplos pontos de penetração do pedido (OPP).

Além da justificativa, é necessário demonstrar a relevância da tese.

1.3 RELEVÂNCIA

Uma série de fatores demonstra a relevância da tese, entre eles destacam-se a compilação de conceitos de postergação, a identificação dos fatores direcionadores e as estratégias para redes logísticas, num único modelo conceitual, na forma de cubo, usados para identificação das opções de postergação na rede. Em conjunto com o modelo conceitual desenvolvido, outro fator relevante a ser considerado, é que o método para seleção de estratégias de postergação desenvolvido na tese, utiliza um modelo analítico e de simulação de maneira complementar e integrada. Assim, inicialmente, uma ferramenta de otimização estática para a localização múltiplos pontos de penetração de pedidos (OPP) é utilizada, e, em seguida, uma segunda confirmação dos resultados dessa otimização é realizado através de um modelo de simulação de eventos discretos. Ao final, o método permite apresentar recomendações de um conjunto de estratégias de postergação para a rede logística.

A relevância desta tese está baseada também na possibilidade de utilização do método, tanto por pesquisadores, consultores e empresários, como guia gerencial para seleção de estratégias de postergação, com o objetivo de configurar redes logísticas industriais de alto desempenho. Com isso, o método desenvolvido permite a tomada de decisão sobre

quais estratégias de postergação selecionar para a rede logística, com base em diferentes prazos de entrega e custo total, associados a cada opção.

Além dos fatores que sustentam a relevância da tese, as suas contribuições para a fronteira do conhecimento com relação a adaptação de estratégias de postergação em redes logísticas devem ser demonstradas.

1.4 CONTRIBUIÇÕES

O propósito da pesquisa acadêmica é aumentar o entendimento de um fenômeno e avançar as teorias existentes (MIGUEL, et al, 2010). Assim, com relação à sua contribuição para fronteira do conhecimento, esta tese contribui, primeiramente, para o desenvolvimento de uma abordagem de pesquisa combinada (qualitativa-quantitativa), submetida a um teste empírico, utilizando a metodologia na forma de dois (2) estudos de caso contrastantes, e usando diferentes métodos e técnicas de pesquisa para a coleta e análise de dados.

Em segundo lugar, esta tese expande o modelo conceitual de postergação-especulação de tempo proposto por Bucklin (1965) para o contexto de redes logísticas, uma vez que almeja antecipar se a postergação ou a especulação deve ocorrer na rede logística de um produto.

Porém, além de estender e atualizar o conceito de postergação com base no tempo para o contexto de redes logísticas, esta tese considera fazê-lo sem alterar o projeto dos produtos, a sequência dos processos ou a estrutura da rede logística. Com isso, o foco é *lead time*, ou seja, no adiamento no tempo da realização dos processos de desenvolvimento de produtos, compras, produção, distribuição e precificação, para após o recebimento dos pedidos dos clientes.

Além disso, o instrumento de levantamento de dados (questionário) desenvolvido nesta tese, permite a captura de um conjunto de características operacionais da rede logística, relacionadas aos fatores produto, processo, mercado e rede logística, e, com isso, a identificação das redes logísticas mais suscetíveis à adaptação de estratégias de postergação. Esta tese também contribui com a utilização da abordagem de cadeia de processos logísticos baseada em produtos para analisar os sistemas logísticos existentes, e não abordagem tradicional, baseada em empresas. Essa abordagem possibilitou visualizar a individualidade de cada rede logística e ao mesmo tempo compará-la uma a outra.

O método para seleção de estratégias de postergação desenvolvido, também pode ser considerado relevante no contexto prático do setor

industrial, onde é possível utilizar o método para sustentar o desenvolvimento de um portfólio de estratégias de postergação alinhado a diferentes segmentos produtos-clientes e respectivas propostas de valor. Enfim, para a ciência, o método proposto nesta tese, se mostra capaz de dar suporte à melhoria de desempenho de redes logísticas e sua competitividade, bem como ao direcionamento de novas pesquisas na área, conforme os resultados apresentados.

Entretanto, apesar de sua grande contribuição, algumas delimitações da pesquisa foram consideradas.

1.5 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

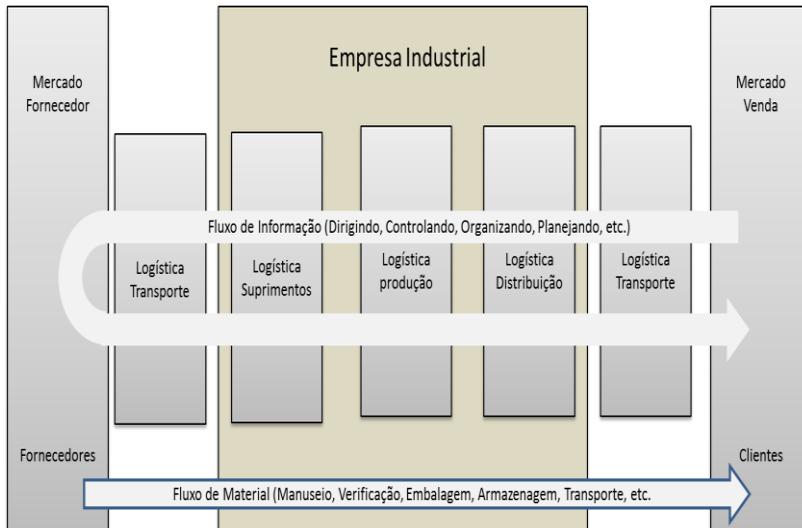
Esta tese considera em seu desenvolvimento, algumas delimitações relacionadas ao escopo do fenômeno estudado (postergação na rede logística); aos tipos de medidas de desempenho; além da amplitude de análise da rede logística e aos tipos de empresa considerados, conforme discutidos a seguir. A primeira delimitação da pesquisa é quanto ao escopo das estratégias de postergação consideradas. Atualmente, existe uma grande variedade de diferentes estratégias de postergação, que podem ser utilizadas ao longo de toda a rede logística – desde os clientes até os fornecedores. Entretanto, esta tese considera apenas cinco (5) estratégias de postergação: (1) preço; (2) logística; (3) produção; (4) compras; e (5) desenvolvimento de produtos, sendo que as estratégias de postergação consideradas, são analisadas apenas sob o ponto de vista do adiamento dos processos e/ou decisões no tempo, ou seja, não são consideradas necessidades de mudanças no projeto do produto, na sequência de processos ou na estrutura da rede logística.

Outra limitação da pesquisa está relacionada ao tipo de medidas de desempenho consideradas na tese. De forma geral, as medidas de desempenho podem ser classificadas em três níveis: (1) estratégicas; (2) táticas; e (3) operacionais. Quanto ao tipo das medidas de desempenho utilizadas, esta tese tem como foco as medidas de desempenho relacionadas ao nível tático, e, considera três métricas principais para medir o desempenho: (1) prazo de entrega; (2) custos logísticos totais; e (3) nível de serviço.

Além disso, na análise de redes logísticas, diferentes escopos de análise são possíveis (SLACK, 2001): (1) rede interna; (2) rede imediata; e (3) rede total. Entretanto, a amplitude de análise da rede logística considerada nesta tese, está limitada à rede logística imediata, conforme ilustrado na Figura 3. A delimitação do escopo proposto – desde os fornecedores imediatos até os clientes imediatos – tem por objetivo

limitar a complexidade da análise da rede logística, que para esta tese é composta por um conjunto de três ou mais entidades (empresas) (MENTZER et al., 2001).

Figura 3 – Exemplo de uma rede logística e seus fluxos



Fonte: VASTAG, 2008

Assim, o foco de análise desta tese está baseado no que ficou conhecido como logística empresarial (ver Figura 3).

Uma última delimitação da tese está relacionada ao setor econômico considerado como foco na tese. Considerando que os setores econômicos podem ser classificados em: (1) primário (extrativismo); (2) secundário (indústria); e; (3) terciário (comércio e serviços), o foco de análise desta tese está delimitado às empresas de médio porte e pertencentes ao setor industrial (secundário).

1.6 METODOLOGIA DE PESQUISA

Este capítulo apresenta uma visão geral da metodologia de pesquisa adotada na tese, ou seja, a descrição da abordagem utilizada, além da sua epistemologia e perspectiva teórica. Em seguida, aprofunda a análise sobre a metodologia da pesquisa e a abordagem prática adotada para alcançar os objetivos da tese (ver seção 1.1).

1.6.1 Abordagem Qualitativa e Quantitativa

A distinção entre pesquisa qualitativa e quantitativa é uma questão metodológica. A decisão de escolher uma metodologia específica deve basear-se na sua adequação para responder às questões de investigação (BRYMAN, 1988). A pesquisa qualitativa “ênfatisa a processo de descobrir como o sentido social é construído e tensões na relação entre o investigador e tópico estudado”. Por outro lado, pesquisa quantitativa “baseia-se na medição e análise de relações causais entre variáveis.” (DENZIN e LINCOLN 1998). Berg (2001) discrimina a abordagem qualitativa e quantitativa argumentando que “enquanto a pesquisa qualitativa refere-se aos significados, conceitos, definições, características, metáforas, símbolos e descrições das coisas”, a pesquisa quantitativa “se refere às medidas e contagens de coisas.” Além disso, GRAY (2004) indicou que a pesquisa qualitativa está geralmente “associada com projeto de pesquisa indutivas, onde uma grande variedade de métodos são usados para coletar dados e explorar o problema por diferentes perspectivas.” Assim, pode-se abordar o problema de pesquisa utilizando-se uma abordagem combinada de métodos (CRESWELL, 1994; AMARATUNGA et al., 2002; CRESWELL e CLARK, 2006; MIGUEL et al., 2010; EASTBY_SMITH, et. al., 2012), uma vez que “A combinação de abordagens possibilita um entendimento melhor do problema de pesquisa do que cada uma das abordagens isoladas” (MIGUEL et al., 2010).

Dessa forma, esta tese segue a abordagem combinada, haja vista a necessidade de utilizar, inicialmente, uma técnica qualitativa através de um questionário estruturado, cujo objetivo é identificar as características operacionais da rede logística. Num segundo momento, a rede logística é mapeada e dados são coletados e são utilizados em técnicas quantitativas através de uma abordagem analítica combinada com uma abordagem de simulação (ver Capítulo 3).

É importante também classificar a abordagem de pesquisa para determinar se ela é indutiva ou dedutiva.

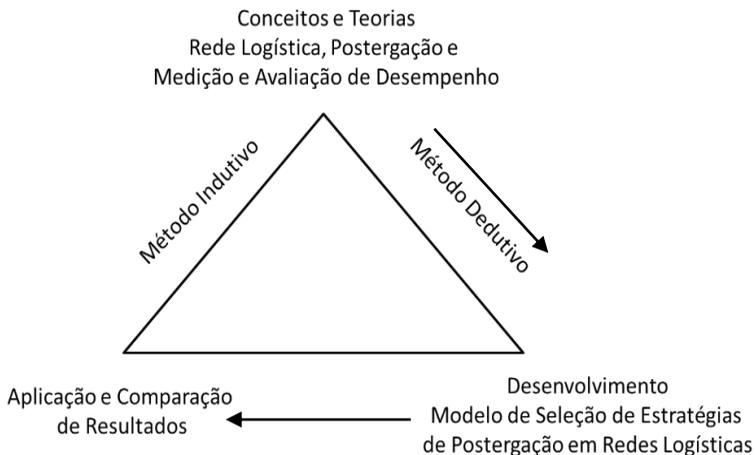
1.6.2 Abordagem Indutiva e Dedutiva

Esses dois tipos de abordagem de pesquisa (indutiva e dedutiva) diferenciam-se. Enquanto a abordagem dedutiva é conhecida como “testando uma teoria”, ou seja, o pesquisador desenvolve uma teoria ou hipótese e desenha uma estratégia de pesquisa para testar a teoria formulada, a abordagem indutiva é conhecida como a “construção de uma

teoria”, ou seja, nessa abordagem, o pesquisador começa com a coleta de dados em uma tentativa de desenvolver uma teoria (SAUNDERS et al., 2003).

A presente tese tem a forma de uma pesquisa com caráter dedutivo, pois a “partir de teorias existentes, pode-se derivar consequências que permitirão elaborar explicações e previsões” (ALVES, 1995; CARVALHO, 2000). Dessa forma, a partir dos conceitos e teorias existentes sobre redes logísticas, postergação e mediação e avaliação de desempenho, esta tese utiliza a abordagem dedutiva para o desenvolvimento de um método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas (ver seção 3.4), para em seguida testá-lo empiricamente. A aplicação do método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas é realizado através de dois estudos de caso, em empresas com diferentes características operacionais. Isso permite comparar os resultados e a sensibilidade do método em capturar as diferenças entre dois casos extremos (menor pontuação e maior pontuação no questionário) dentro do contexto das empresas participantes da pesquisa. Como visão geral deste trabalho, pode-se ter a estrutura da Figura 4.

Figura 4 – Processo de pesquisa dedutivo na construção e aplicação do método



Fonte: Adaptado de Miguel et al. (2010)

Entretanto, além disso, também é importante que seja definida a abordagem teórica da tese.

1.6.3 Abordagem Teórica da Pesquisa

Em uma tentativa de distinguir a abordagem de pesquisa utilizada neste estudo, além das abordagens qualitativa/quantitativa e dedutiva/indutiva, Crotty (1998) indica que “a investigação deve ser distinguida com as perspectivas epistemológica e ontológica” já que as suposições ontológicas, sobre a maneira pela qual a realidade é vista, dão origem a pressupostos epistemológicos, sobre como a visão da realidade é estudada, o que, por sua vez, influencia a metodologia, os métodos e técnicas de pesquisa utilizados para levantamento e análise de dados.

Neste estudo, o processo de pesquisa proposto por Crotty (1998) é utilizado como um orientador para formatar a abordagem teórica da tese. Essa visão permite distinguir a pesquisa, seguindo uma sequência descrita (ver Figura 5), quanto à sua epistemologia (pós-positivismo), a sua abordagem teórica ou ontológica (relativismo), bem como a metodologia (estudo de caso múltiplo), e, os métodos e técnicas de pesquisa utilizados (questionário, observação, análise documental, abordagem analítica e de simulação).

Figura 5 – Epistemologia, abordagem teórica, metodologia e métodos da tese



Fonte: Autor

As definições de cada etapa, a escolha e as justificativas para selecionar esta abordagem são discutidas em detalhe nas próximas seções.

1.6.3.1 Epistemologia

Crotty (1998, pag.8) afirma que a epistemologia é uma forma de compreensão e explicação de “como sabemos o que sabemos” ou “a natureza da relação entre o conhecido ou o que deveria ser conhecido e o que pode ser conhecido” (GUBA e LINCOLN, 1998, pag.201). Maynard (1994, pag. 10) indica que a “epistemologia está preocupada com o fornecimento de uma filosofia para decidir que tipo de conhecimento é possível e como podemos garantir que ambos são adequados e legítimos.” A epistemologia procura responder a duas questões diferentes: Como é que nós conhecemos o mundo? Qual é a relação entre o investigador e o conhecido? (DENZIN e LINCOLN, 1998). Dessa forma, a epistemologia “é o estudo do conhecimento e está mais preocupada com a identificação da origem do conhecimento” (DAWSON, 2002). Considerando a abordagem epistemológica, esta tese utiliza uma abordagem pós-positivista.

A abordagem pós-positivista representa a forma tradicional de fazer pesquisa, e suas premissas permanecem verdadeiras mais para a pesquisa quantitativa do que para a pesquisa qualitativa. Os pós-positivistas seguem uma filosofia na qual “causas prováveis determinam os efeitos ou resultados.” (EASTEBY-SMITH et al., 2012). Dessa forma, os problemas estudados pelos pós-positivistas refletem “a necessidade de identificar e medir as causas que influenciam os resultados, como aqueles encontrados em experimentos.” (EASTEBY-SMITH et al., 2012). Assim, a epistemologia pós-positivista está alinhada com o uso de técnicas quantitativas baseadas em modelos analíticos (estáticos) e de modelos de simulação de eventos discretos (dinâmicos).

A próxima etapa da abordagem teórica da tese está relacionada a perspectiva teórica ou oncológica da pesquisa.

1.6.3.2 Perspectiva Teórica

Crotty (1998, pag.3) define a perspectiva teórica da realidade (ou ontológica) como “a postura filosófica informando a metodologia e, assim, fornecendo um contexto para o processo e aterramento de sua lógica e critérios.” A literatura de métodos de pesquisa contém uma série de perspectivas teóricas (ou ontológicas), que o pesquisador pode usar para moldar sua metodologia, entre elas: o realismo e o relativismo. “A perspectiva realista tradicional enfatiza que o mundo é concreto e externo e que a ciência só pode prosperar através da observação que tem uma correspondência direta com o fenômeno estudado” (EASTEBY-SMITH

et al., 2012, p.742). Os realistas argumentam que “o mundo existe independentemente da ação humana e de sua observação” (BLAIKIE, 2007). Ao contrário, a abordagem relativista supõe que “o mundo externo só existe na medida em que nossos pensamentos ocorrem sobre ele, uma vez que o mundo não existe independentemente de nossa percepção” (BLAIKIE, 2007; EASTEBY-SMITH et al., 2012). Entretanto, deve ficar claro que a distinção entre essas posições filosóficas não significa que há uma posição melhor do que as outras, mas todas elas são melhores em fazer coisas diferentes (SAUNDERS et al., 2003).

A perspectiva teórica (ontológica) desta tese está baseada numa visão relativista. A abordagem relativista se aproxima da opinião de que “não existem verdades absolutas, mas as pessoas têm diferentes formas de perceber o mundo, e que não há realidade externa independente das crenças e percepções e da experiência”. (ROBSON, 1993, p.22) Dessa forma, a perspectiva teórica da tese é condizente com a metodologia de pesquisa do estudo de caso múltiplos e das técnicas de questionário, de observação direta e de análise documental utilizadas nesta pesquisa.

1.6.3.3 Metodologia de pesquisa

De acordo com Crotty (1998, pag. 3), a metodologia de pesquisa pode ser definida como “a estratégia, plano de ação, processo ou projeto que está por trás da escolha e uso de métodos específicos e ligando a escolha e utilização de métodos para os resultados desejados.” Assim, a escolha da metodologia de pesquisa é influenciada pela perspectiva teórica do pesquisador e também pela sua atitude para com as formas pelas quais os dados serão utilizados (dedutiva ou indutiva) (GRAY, 2004). Além disso, a metodologia de pesquisa deve explicar também a lógica por trás da seleção dos métodos adotados (CROTTY, 1998).

A presente pesquisa utiliza a abordagem de estudo de caso como uma investigação metodológica para alcançar o objetivo geral da pesquisa. Para tanto, dois estudos de caso são selecionados para investigar questões relativas à aplicação do método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas. As justificativas para a seleção de metodologia de estudo de caso e os métodos de pesquisa são explicados em detalhe a seguir.

Estudo de caso tem uma vantagem distinta sobre outras estratégias de pesquisa, quando perguntas "como" ou "porque" estão sendo colocadas para descobrir um fenômeno atual, e, quando o pesquisador tem pouco ou nenhum controle sobre os eventos (YIN, 2004). Ele oferece a oportunidade de "explicar por que certos resultados podem acontecer –

mais do que apenas descobrir o que esses resultados são" (DENSCOMBE, 1998, pag. 31). Isto é realmente muito importante para a presente pesquisa, porque permite identificar as características operacionais da rede logística e sua relação com as diferentes tipologias de postergação e estratégias da rede logística.

Gray (2004) confirma que um estudo de caso é particularmente útil em "revelar as relações casuais entre o fenômeno e o contexto em que ele ocorre." Além disso, o estudo de caso permite ao pesquisador, utilizar múltiplas fontes de dados e uma variedade de métodos de investigação para explorar as questões de pesquisa que, por sua vez, permite promover a validação de dados através de triangulação (DENSCOMBE, 1998). Assim, "quaisquer conclusões ou inconclusões, são mais susceptíveis de serem atraentes e precisas" (YIN, 2004). Isso tem apoiado o uso do estudo de caso, como uma estratégia de pesquisa atual, pois, a estratégia de estudo de caso permite ganhar uma compreensão melhor e mais profunda da pesquisa que está sendo investigada (YIN, 2004). No entanto, o estudo de caso não é amplamente aceito como uma estratégia de investigação objetiva, lícita e confiável. Uma das maiores críticas dirigidas a essa abordagem está relacionada com a dificuldade em generalização dos resultados a uma população maior (YIN, 2004).

Esta pesquisa adota a metodologia de estudo de caso múltiplo para investigar a seleção de estratégias de postergação na rede logística de duas empresas sob condições contrastantes e opostas a sua adaptação. Isso pode ser justificado usando duas razões principais. Em primeiro lugar, as provas e conclusões extraídas de vários projetos são mais confiáveis e convincentes do que aqueles com base em pesquisas de um único caso e, assim, os resultados são mais prováveis de serem generalizados (YIN, 2004). Em segundo lugar, existe uma necessidade de ter múltiplos casos para cobrir as diferentes condições e práticas, uma vez que há um pressuposto de que existem diferentes tipos de condições que cercam as diferentes redes logísticas.

Além da metodologia de pesquisa, também é importante definir os métodos e técnicas utilizados na tese.

1.6.3.4 Métodos e Técnicas de Pesquisa

Os métodos e técnicas de pesquisa podem ser definidos como "As técnicas ou procedimentos usados para coletar e analisar os dados relativos a algumas questões de pesquisa" (CROTTY, 1998, pag. 3). Esta tese foca em torno dos cinco métodos de pesquisa como fonte de evidências, que incluem: pesquisa bibliográfica, questionário estruturado,

observação direta, análise de documentos, abordagem analítica e abordagem simulação. A pesquisa bibliográfica é útil para investigação de temas já publicados que se refere ao assunto, possibilitando trazer as informações necessárias para conhecimento e aplicação. De acordo com Marconi e Lakatos (1999, p.73), a pesquisa bibliográfica “abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas e monografias, teses, material cartográfico”. Assim, a partir da identificação do tema do trabalho, realizou-se uma extensa pesquisa bibliográfica, com a consulta de livros, jornais, anais de congressos, dissertações e teses defendidas, periódicos nacionais e internacionais, bases de dados da CAPES e de várias universidades e centros de pesquisa, através de sites de busca na *world wide web* (www). Além disso, foram mantidos contatos com outros pesquisadores brasileiros e estrangeiros durante congressos e o estágio realizado na Alemanha.

A técnica de questionário tipo *survey* é utilizada para coletar dados/informações sobre as características dos ambientes (redes logísticas), nas quais os indivíduos (especialistas) fazem parte. Uma pesquisa tipo *survey* pode ser classificada em três tipos: (1) exploratória; (2) descritiva e explanatória (FORZA, 2002). A pesquisa exploratória ocorre nos estágios iniciais de uma pesquisa sobre um dado fenômeno, porque o objetivo é adquirir uma visão inicial sobre as estratégias de postergação em redes logísticas, e, com isso, fornecer a base para a aplicação do método. Esta tese utiliza a pesquisa com o objetivo exploratório, de forma a identificar as características operacionais das redes logísticas analisadas. Nesse caso, as unidades de análise estão claramente definidas, as empresas participantes (respondentes) da pesquisa, são representativas para a unidade de análise, sendo que a representatividade da amostra não é, nesse caso, uma condição necessária (FORZA, 2002; MIGUEL, et al., 2010).

Observação direta é outra técnica utilizada neste estudo, e implica que o observador vê e escuta os eventos diretamente. A observação pode ser guiada através de um conjunto de perguntas que um investigador tenta responder. Na verdade, a visita de campo para coletar os dados por meio de outras técnicas, por exemplo, entrevistas, criam uma oportunidade de fazer a observação direta (YIN, 2004). Patton (2002) identifica várias vantagens da utilização do método de observação direta. Segundo ele, essa técnica permite ao observador entender e captar o ambiente dentro do qual as pessoas interagem, ver e descobrir coisas que as pessoas no local não prestaram atenção; fazer as coisas que as pessoas vão estar relutantes em falar em uma entrevista, ou seja, questões críticas; ir além

das visualizações seletivas de pessoas (ou seja, participantes em entrevistas), sendo aberto, indutivo e orientado à descoberta, para ajudar o observador a obter grande experiência sobre o fenômeno. Thomas (2003) acrescenta que a observação direta tem a vantagem de verificar as informações de eventos naturais ou não planejados. No entanto, o método de observação direta também tem algumas limitações, incluindo: a distorção de dados, pois o comportamento das pessoas está sujeito a alteração, particularmente quando elas sentem que estão sendo observadas; a informação é limitada ao que se observa, haja vista que o observador não pode explorar os sentimentos das pessoas e suas perspectivas, pois, a observação só incide sobre o comportamento externo (PATTON, 2002).

Por sua vez, a análise documental pode ser definida como um documento com qualquer substância que dá informações sobre a investigação do fenômeno e existe independentemente das ações do pesquisador (CORBETTA, 2003). Um documento é normalmente produzido para fins diferentes dos da pesquisa, mas ele pode ser utilizado pelo investigador para fins específicos (CORBETTA, 2003). Yin (2004, pag. 87), argumenta ainda que "para os estudos de caso, o uso mais importante de documentos é corroborar e aumentar a evidência de outras fontes". Corbetta (2003) identifica uma série de vantagens dos documentos em relação a outros métodos de investigação: (a) é uma técnica não reativa, onde a informação dada em um documento não é sujeita a uma possível deformação, como o resultado da interação entre o pesquisador e o entrevistado (por exemplo, como em entrevistas); (b) ajuda o pesquisador a estudar o passado; (c) é um método de baixo custo, uma vez que a informação já foi produzida (DENSCOMBE, 1998). No entanto, a análise de documentos pode ter algumas limitações em termos de precisão e plenitude dos dados (PATTON, 2002).

No presente estudo, uma série de documentos é analisada criticamente, incluindo: catálogos de produtos, desenhos técnicos, estrutura de produtos, notas fiscais de venda, planos de produção, ordens de produção, pedidos dos clientes, etc. O uso da técnica de observação direta também permite testar as questões investigadas em uma situação natural e não planejada. Nesse sentido, durante as visitas às empresas selecionadas, o autor da tese estava acompanhado pelo gestor da área para fazer uma observação direta na operação da empresa, com foco, principalmente no processo de suprimentos, produção e distribuição, além de visitas a alguns fornecedores e clientes.

Outra técnica utilizada na tese, é um modelo analítico de natureza estática para otimização para localização do ponto de penetração do

pedido (OPP) na rede logística. O modelo matemático é tratado como um problema de designação baseado em programação linear inteira com variáveis binárias. O modelo matemático considera a eficiência, medida pelo custo logístico total da rede, e, a eficácia da rede logística, em termos de prazo de entrega aos clientes e nível de serviço (ou *fill rate*). Em seguida, para uma confirmação dos resultados de desempenho, os diferentes cenários (configurações da rede) do modelo de otimização, são modelados através de simulação. Maloni e Benton (1997) recomendam o uso da simulação computadorizada como um modo de fazer uma avaliação crítica das possibilidades de melhorar o desempenho da rede logística, uma vez que um modelo de simulação computadorizada permite simular um ambiente de laboratório conveniente para testar os efeitos de diferentes fatores, antes de sua implementação prática (APPELQVIST e GUBI, 2005).

Na próxima seção, é apresentado e detalhado o processo de desenvolvimento desta pesquisa.

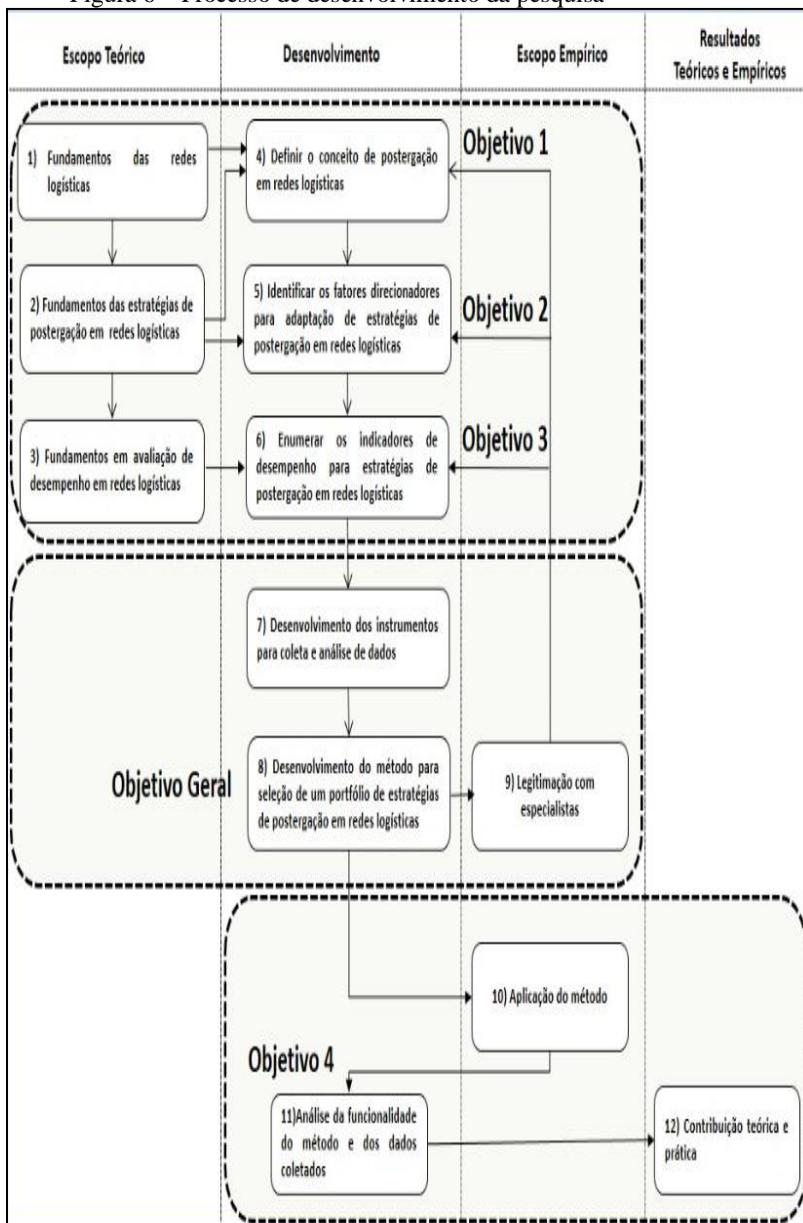
1.7. O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

O processo de desenvolvimento desta pesquisa está estruturado em quatro macro etapas: (1) escopo teórico; (2) desenvolvimento; (3) escopo empírico; e; (4) resultados teóricos e empíricos, conforme descrito na Figura 4. A relação entre as etapas e a sequência em que a pesquisa foi realizada (ver Figura 6), além da identificação do objetivo geral e dos objetivos específicos da tese.

A primeira macro etapa é denominada escopo teórico (ver Figura 6), e refere-se à coleta, seleção, leitura e interpretação de artigos e livros disponíveis na literatura sobre redes logísticas, estratégias de postergação e medição e avaliação de desempenho, utilizadas como base para o desenvolvimento de um método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas.

Ainda na Figura 6, a segunda macro etapa, denominada desenvolvimento, refere-se ao entendimento e à construção da proposta desta tese. Assim, envolve a definição do conceito de postergação com base no tempo no contexto de redes logísticas; a identificação dos direcionadores e dos indicadores de desempenho para as estratégias de postergação. Além disso, compreende o desenvolvimento dos instrumentos para o levantamento de dados utilizados no método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas. Por fim, ocorre a análise da funcionalidade do método e dos dados coletados.

Figura 6 – Processo de desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Autor

Na terceira macro etapa da metodologia de pesquisa (ver Figura 6), o escopo empírico compreende o envolvimento de diferentes profissionais (pesquisadores e gestores), primeiro na legitimação do método desenvolvido na etapa anterior, e, segundo, na aplicação dos instrumentos e do método para seleção de estratégias de postergação, em dois estudos de casos contrastantes em empresas industriais brasileiras.

Finalmente, na quarta e última macro etapa ilustrada na Figura 6, são apresentados e discutidos os resultados teóricos e empíricos da pesquisa e a sua contribuição para a teoria e a prática para as empresas industriais.

Nas próximas seções são descritas cada uma das etapas da metodologia de pesquisa desenvolvida nesta tese.

1.7.1 Escopo Teórico

As etapas 1, 2 e 3 da pesquisa referem-se ao escopo teórico da tese e tem como base a pesquisa bibliográfica analisada. A busca de artigos na literatura, tem como objetivo a identificação das fronteiras do conhecimento na área em estudo, de forma a permitir o desenvolvimento de uma linha de raciocínio consistente, que demonstrasse a lógica do funcionamento das diferentes estratégias de postergação existentes, bem como a viabilidade para sua seleção e aplicação em redes logísticas.

A pesquisa bibliográfica realizada, permitiu extrair das pesquisas já publicadas, os fundamentos necessários para o desenvolvimento de um método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação, aplicável à redes logísticas. Para a realização das buscas, foram utilizadas as bases de periódicos da Capes, além de outras, entre elas: Taylor & Francis, Springer, Elsevier, Wiley, Emerald, IEEE, INFORMS, Scielo e ABREPO.

Após a seleção do portfólio bruto de artigos da tese, foi realizada uma análise bibliométrica, que teve como objetivo destacar as fontes utilizadas, citadas em outros trabalhos, filtrar e excluir os artigos pouco citados e evidenciar a problemática de pesquisa referente ao tema postergação. Contudo, se um artigo era pertinente, mas não havia acesso, foram feitas pesquisas no Google Acadêmico. Nesse caso, foi tomado o cuidado para que os artigos selecionados tivessem como fonte um periódico indexado e reconhecido.

A primeira avaliação realizada através da análise bibliométrica está relacionada à relevância dos periódicos do portfólio de artigos utilizados na tese, medido pelo número de artigos de cada periódico utilizado. Por exemplo, os principais periódicos do portfólio de artigos selecionados são

o *International Journal of Production Economics* e o *International Journal of Production Research*, com sete (7) artigos selecionados cada, seguidos do *The International Journal of Logistics Management*, com seis (6) artigos no portfólio de artigos utilizados na tese.

Além da relevância dos periódicos, foram identificados também, através da análise bibliométrica, os autores com maior participação no portfólio de artigos utilizados na tese. Por exemplo, os autores com maior número de artigo na tese foram Van Hoek e Lee, com seis (6) diferentes artigos cada, seguidos de Christopher com cinco (5) artigos.

Outra avaliação realizada sobre o portfólio de artigos da tese, relacionou o número de citações de cada um dos artigos selecionados no portfólio bibliográfico da tese, na ferramenta de busca no Google Acadêmico. Com isso, os artigos pouco citados foram excluídos do portfólio de artigos da tese. Contudo, os artigos com o maior número de citação no portfólio bibliográfico utilizado na tese foram o artigo de Fisher (1997) com quase 2.500 citações, seguido pelo artigo de Beamon (1999), com 1.500 citações.

Os artigos e livros selecionados nesta tese, foram divididos em quatro bases conceituais, considerando os fundamentos das redes logísticas, os fundamentos das estratégias de postergação em redes logísticas, os fundamentos da medição e avaliação de desempenho em redes logísticas, bem como as formas de análise de sistemas logísticos, como as abordagens analíticas e de simulação para as estratégias de postergação. Esse arcabouço conceitual serviu como o fundamento para o desenvolvimento do *constructo* da tese, o qual permitiu a concepção de um método para a seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas.

A seguir, cada etapa do escopo teórico é apresentada de forma mais detalhada.

(a) Etapa 1 – Fundamentos das Redes Logísticas

O objetivo da pesquisa bibliográfica dessa seção, é servir de base para a elaboração de um arcabouço conceitual que retratasse o que é uma rede logística e quais são suas características. A leitura dos livros e artigos permitiu identificar os diferentes conceitos existentes (ver Capítulo 2). Numa primeira etapa, alguns livros foram utilizados para desenvolver uma visão ampla sobre o tema. Em seguida, alguns artigos foram pesquisados, utilizando as palavras *postponement*, *logistics*, *supply chain management* no título e palavras-chaves dos artigos. A primeira etapa do escopo teórico está relacionada aos conceitos de rede logística e

o seu gerenciamento existentes na literatura selecionada. Ao final dessa seção, são definidos os conceitos de logística, rede logística e gerenciamento de redes logísticas, que guiaram esta tese.

(b) Etapa 2 – Fundamentos das Estratégias de Postergação em Redes Logísticas

Nesta etapa do escopo teórico da metodologia de pesquisa, são identificados e apresentados os diferentes conceitos e tipologias das estratégias de postergação em redes logísticas. São apresentados a etimologia da palavra *postponement*, a evolução do seu escopo de aplicação, a evolução do conceito de postergação ao longo dos anos, bem como as diferentes correntes teóricas existentes sobre o tema. Nessa etapa, também são identificados e apresentados alguns limites do uso das estratégias de postergação em redes logísticas.

Outra base conceitual importante para o alcance dos objetivos desta tese, estão relacionados a mediação e avaliação de desempenho de redes logísticas.

(c) Etapa 3 – Fundamentos em Medição e Avaliação de Desempenho em Redes Logísticas

Nessa etapa, são apresentados os conceitos e os elementos de um sistema de medição e avaliação de desempenho, além dos diferentes modelos e métricas existentes para medição e avaliação de desempenho em redes logísticas e um modelo específico para estratégia de postergação.

Após a fundamentação teórica, começa a fase de desenvolvimento do método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas, conforme descrito na seção 1.7.2.

1.7.2 Desenvolvimento

As etapas 4, 5, 6, 7, 8 e 11 estão relacionadas ao desenvolvimento do método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas, e, também a alguns objetivos da tese.

(d) Etapa 4 - Definição do Conceito de Postergação em Redes Logísticas

O conceito de postergação não é novo. Além disso, faz parte de um amplo campo de estudos, com livros e artigos publicados em grande

quantidade, nas mais diversas áreas como marketing, produção, pesquisa operacional, logística, finanças, estratégia e inovação, e, mais recentemente, no contexto de redes logísticas. Entretanto, devido à grande quantidade de tipologias, abordagens e definições do conceito de postergação usados na literatura, nessa etapa é apresentada uma definição do conceito de postergação em redes logísticas, que serve como guia para o desenvolvimento da tese, e, o alcance dos objetivos definidos (ver seção 1.1).

(e) Etapa 5 - Definição dos Fatores Direcionadores para a Adaptação das Estratégias de Postergação em Redes Logísticas

Além da definição do conceito de postergação, é importante entender também, quais são os fatores direcionadores (*drivers*) para a adaptação das estratégias de postergação em redes logísticas. Essa é uma etapa importante no desenvolvimento desta tese, uma vez que, “em certas circunstâncias, as estratégias de especulação podem ser uma melhor alternativa que a estratégia de postergação” (ZINN e LEVY, 1988). Assim, quatro fatores direcionadores para a adaptação de estratégias de postergação são identificados e utilizados pelo autor desta tese (produto, processo, mercado e rede logística). Esses fatores servem de base para o desenvolvimento do referencial teórico (constructo), além do método proposto e do instrumento de coleta de dados que permite a identificação das características operacionais das redes logísticas.

(f) Etapa 6 - Definição dos Indicadores de Desempenho para Estratégias de Postergação em Redes Logísticas

Para realizar a análise compreensiva e acurada do desempenho de redes logísticas, um sistema de avaliação de desempenho tem um papel crítico no alcance de seus objetivos de desempenho. Por isso, relevantes indicadores de desempenho devem ser selecionados. Assim, esta tese considera que as opções de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas dependem das características operacionais e dos indicadores de desempenho. Esses indicadores são então usados para medir o impacto das diferentes opções de estratégias de postergação na rede logística, haja vista, que diferentes estratégias de postergação levam a diferentes padrões de desempenho da rede, em termos de custo e prazo de entrega.

(g) Etapa 7 – Desenvolvimento dos instrumentos para coleta e análise de dados

Para aplicar empiricamente o método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas, três instrumentos são desenvolvidos para este fim: (1) Parecer de legitimação dos especialistas; (2) Questionário de identificação das características operacionais da rede logística; (3) Lista mestra de dados da rede logística. O parecer de legitimação dos especialistas (ver apêndice A) é utilizado para legitimar o método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas, bem como os fatores direcionadores e os indicadores de desempenho utilizados, identificados na pesquisa bibliográfica. Já o questionário de identificação das características operacionais da rede logística (ver apêndice B), com as respostas dos gestores das empresas participantes deste estudo, é usado para realizar o levantamento de campo sobre as características operacionais relativas ao produto, processo, mercado e rede logística. O referido questionário visa investigar quais empresas possuem as características operacionais mais favoráveis a seleção de estratégias de postergação na rede logística. Assim, após serem orientados a escolherem uma família de produtos de seu portfólio, os gestores preenchem o questionário assinalando as respostas, considerando os critérios da escala *Linkert*, variando de (1) não concordo a (5) concordo totalmente, para classificar as diferentes características relacionadas as quatro dimensões: produto, processo, mercado e rede logística. Todavia, durante a visita de campo, o pesquisador aplicou novamente o questionário baseado na observação direta. Por fim, uma lista mestra de dados da rede logística foi desenvolvida para direcionar o autor na coleta dos dados durante a pesquisa de campo (ver apêndice C). Os dados coletados são então tabulados e utilizados na análise das redes logísticas, objetos de estudo.

(h) Etapa 8 – Desenvolvimento do Método para Seleção de um Portfólio de Estratégias de Postergação em Redes Logísticas

O mercado competitivo tem diversos requisitos para produtos e serviços, e nenhuma estratégia de rede logística, sozinha, pode servir melhor a todos esses requisitos (FICHER, 1997; SIMCHI-LEVI, 2010; GODSELL et al, 2011). Em termos práticos, isso significa que no novo contexto competitivo, não é mais possível utilizar o tradicional

processo e política de redes logísticas onde “um padrão único serve para todos” porque esta prática leva “a perdas significantes na lucratividade devido à quebra no fluxo de caixa e vendas perdidas” (THOMAS, 2012). Essa tendência pode ser confirmada, uma vez que algumas das melhores empresas (Apple, Dell, Zara) transformaram suas redes logísticas em um modelo de multicanais segmentados que usam diferentes estratégias de rede logística (ex.: eficiente, responsiva e ágil) de forma concorrente, cada uma com diferentes processos e políticas para servir diferentes categorias de clientes (individuais, corporativos, distribuidores e varejistas). Dessa forma, é necessário que a rede logística seja configurada e alinhada para combinar com o tipo de produto (funcionais, inovadores e híbridos); os requisitos dos clientes (custo, velocidade, customização, serviço), e, no caso desta tese, com as estratégias de postergação. Por isso, no desenvolvimento do método considerou-se que a rede logística é baseada em produtos (FISHER, 1997), uma vez que considera a perspectiva do fluxo de valor. Considerar essa perspectiva, significa seguir o fluxo de valor de uma família de produto desde os fornecedores, passando pela empresa, até a entrega do produto ao cliente final (ROTHER e SHOCK, 2003). Uma família de produtos é um grupo de produtos que utilizam processos comuns em um fluxo de valor. Essa abordagem também está alinhada com a visão da cadeia de processos logísticos, utilizada no mapeamento da rede.

Depois da etapa de legitimação do método e do instrumentos de coleta de dados (ver etapa 9) pelos especialistas, o método é testado na forma de dois (2) estudos de casos (ver etapa 10). Contudo, ao final deve ser realizada a análise da funcionalidade do método e dos dados coletados na pesquisa de campo.

(i) Etapa 11 - Análise da Funcionalidade do Método e dos Dados Coletados

Após o teste empírico do método para seleção de estratégias de postergação em redes logísticas, é necessário realizar a análise da funcionalidade do método, dos instrumentos de coleta de dados, bem como dos dados coletados durante a pesquisa de campo. Por isso, esta etapa tem como objetivo, verificar se o método funciona e se permite selecionar um portfólio de estratégias de postergação para redes logísticas (ver Figura 24). Esta etapa também serve para validar os dados levantados e utilizados (ver apêndice C) nos modelos analítico e de simulação.

1.7.3 Escopo Empírico

O escopo empírico desta tese considera as etapas 8 e 10 da metodologia de pesquisa, como parte da concepção do método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas.

(j) Etapa 9 - Legitimação com Especialistas

A legitimação do método proposto, dos fatores direcionadores e dos indicadores de desempenho selecionados, é realizado em duas fases. Na primeira fase, são ouvidas as considerações de pesquisadores e doutorandos do Laboratório de Desempenho Logístico (LDL), do Grupo de Estudos Logísticos (GELOG), e, do Instituto *Fraunhofer* IML, na Alemanha. Na segunda etapa, são ouvidos gestores da área de produção e logística de diferentes empresas industriais de Santa Catarina e do Amazonas. Para formalizar a pesquisa, um parecer de legitimação dos especialistas é enviado por meio eletrônico para preenchimento pelas empresas participantes, e sua posterior devolução com o devido registro e ajustes de suas considerações (ver apêndice A). Em todos os casos são considerados os seguintes aspectos: conhecimento sobre o tema postergação na rede logística; experiência na área de pesquisa ou gestão; e; no caso das empresas, disponibilidade para se envolver no processo de legitimação e na pesquisa de campo, durante o período de sua realização (uma semana).

A etapa 9 refere-se ao tipo de legitimação classificado como triangulação. O conceito de triangulação envolve o uso de diferentes métodos, investigadores, fontes e teorias para obter evidências corroborativas, ou seja, a triangulação busca a combinação de métodos para estudar um mesmo fenômeno (CRESWELL, 1994). Dessa foram, neste estudo, a triangulação é realizada através da legitimação do método realizada por profissionais da área de produção e logística, de empresas industriais brasileiras, com o questionário para identificação das características operacionais da rede, e através do teste empírico do método na forma de dois (2) estudos de caso contrastantes, conforme descrito na etapa 10.

(k) Etapa 10 - Aplicação do Método

A aplicação empírica do método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas tem por objetivo subsidiar a análise da funcionalidade do método desenvolvido (ver Figura 24), do

questionário para identificação das características operacionais da rede desenvolvido (ver apêndice B), e, da lista de dados da rede logística (ver apêndice C). Com base nas delimitações da tese, para que uma empresa seja selecionada nessa etapa, é necessário que ela pertença ao setor industrial; que ela possua uma rede logística já estruturada; que as características operacionais da rede logística favoreçam, em algum grau, a utilização de estratégias de postergação; e; que permitam ao pesquisador realizar a pesquisa de campo na empresa.

1.7.4 Resultados Teóricos e Empíricos

Após a análise da funcionalidade do método e dos dados coletados na pesquisa de campo (etapa 11), são apresentados os resultados teórico e empírico da tese. Para isso, a tese considerou apenas a etapa 12 como parte da análise dos resultados da aplicação do método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas.

(I) Etapa 12 - Contribuição Teórica e Prática

A contribuição teórica e prática desta tese é resultado do processo natural da pesquisa científica, que ao seu término deve gerar resultados teóricos e práticos e que poderão servir de base para outras pesquisas e aplicações práticas.

A seguir, é apresentada a abordagem de pesquisa adotada nesta tese.

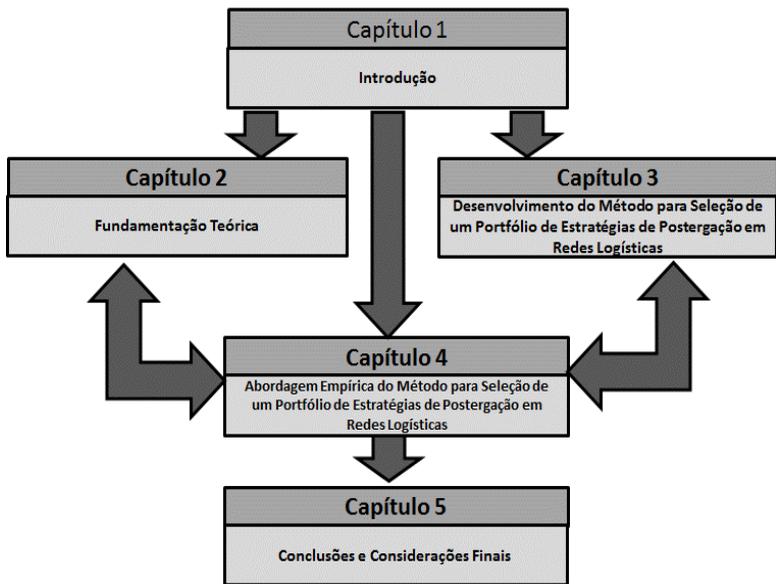
1.8 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta tese está organizada em seis capítulos conforme ilustrado na Figura 7. Inicialmente, no primeiro capítulo, é apresentada a introdução e contextualização ao tema proposto, bem como a problemática de estudo e os objetivos da pesquisa. O primeiro capítulo expõe também, a justificativa, a relevância, e contribuições da tese, além das limitações do estudo, da metodologia de pesquisa, o processo de desenvolvimento da pesquisa e a organização dos capítulos.

O segundo capítulo consiste no estado da arte, o qual é apresentado uma revisão teórica relacionada ao tema, que propicia o entendimento e desenvolvimento do estudo, no qual são abordados os fundamentos das redes logísticas, os fundamentos de postergação e os fundamentos da mediação e avaliação de desempenho e as formas de análise dos sistemas logísticos.

O terceiro capítulo apresenta como ocorre o desenvolvimento da pesquisa, quais são os fatores direcionadores da adaptação de estratégias de postergação, os indicadores de desempenho para mensurar o impacto da sua adaptação, e as estratégias de redes logísticas, identificados na revisão teórica. Esses fatores são usados como elementos no *constructo* para identificar as opções de postergação na rede logística, além do desenvolvimento do método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas.

Figura 7 – Estrutura de organização da tese



Fonte: Autor

O quarto capítulo consiste na aplicação do método proposto, na forma de dois estudos de casos contrastantes. Os dados coletados e os resultados do método de análise qualitativa (questionário) e quantitativa (abordagem analítica e abordagem de simulação), foram utilizados para testar o método e selecionar um portfólio de estratégias de postergação para a rede logística, objeto de análise. Por fim, no quinto capítulo, são expostas as conclusões e considerações em termos de contribuição teórica e prática auferidas com o presente estudo, bem como as recomendações de pesquisas futuras.

A seguir, é apresentada a fundamentação teórica utilizada no desenvolvimento do método para a seleção de um portfólio de estratégias de postergação para redes logísticas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, são apresentados e discutidos a importância do tema da tese e seu embasamento teórico. Devido aos desafios existentes para o desenvolvimento de um método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas, é imperativo definir e esclarecer fundamentos das rede logística, os fundamentos das estratégias de postergação, e sua relação com o ponto de penetração de pedidos (OPP) e medição e avaliação de desempenho, a serem usados como orientação no desenvolvimento desta tese.

2.1. FUNDAMENTOS DAS REDES LOGÍSTICAS

Apesar de ser reconhecido como um significativo componente da vida industrial e econômica, o gerenciamento da rede logística, até recentemente não havia sido reconhecido como vital (BALLOU, 2004). Por exemplo, a participação dos custos logísticos no PIB brasileiro é de 11,5%, enquanto que nos Estados Unidos este valor cai para 8,7 % (ILOS, 2012). Outro estudo mais recente (FDC, 2014) indica que os custos logísticos no Brasil representam em média 11,2% da receita bruta das empresas. Esses números mostram o custo da ineficiência da logística brasileira e quanto dessa área precisa ainda melhorar no Brasil.

Atualmente, a importância das redes logísticas tem sido considerada, em parte, pelo reconhecimento de sua influência direta nos custos logísticos e no serviço ao cliente (CHOPRA; MEINDEL, 2010; MANGAN; LALWANI; BUTCHER, 2010), e também pela grande proporção dos custos envolvidos na rede logística total. Consequentemente, a rede logística e sua adequada gestão, geralmente, são consideradas um direcionador chave da lucratividade global de uma empresa (KUHN e HELLINGRATH, 2002; SIMCHI-LEVI, 2004; CHRISTOPHER e HOLWEG, 2011; CHOPRA; MEINDEL, 2010). Uma parte das empresas está descobrindo que “o gerenciamento eficaz da rede logística é o próximo passo para aumentar o lucro e a participação no mercado” (SIMCHI-LEVI, 2004, pag.30).

A formação dessas redes logísticas depende de várias razões (SCHÖNSLEBEN, 2004, pag. 12), entre elas:

- **Razões de qualidade:** tecnologias ou processos específicos não são dominados por uma única empresa (também chamado de "problema de eficiência", no

sentido de alcançar um determinado padrão de qualidade ou tecnologia);

- **Razões de custos:** certas tecnologias ou processos de fabricação não são suficientemente econômicos de forma a serem implementadas por uma única empresa (também chamado de "problema de eficiência", na acepção da saída em comparação com o uso de fundos);
- **Razões de entrega:** certos processos não são rápidos o suficiente ou temporalmente instáveis em uma única empresa;
- **Razões de flexibilidade:** certas competências ou capacidades de uma empresa individual não podem ser ajustadas de forma rápida o suficiente para atender as necessidades de mudança dos clientes.

O *Council of Supply Chain Management and Professionals* (CSCMP) é a principal organização de profissionais, pesquisadores e acadêmicos da cadeia de suprimentos, e tem definido a gestão da cadeia de suprimentos (ou *Supply Chain Management*) como:

A gestão da cadeia de suprimentos engloba o planejamento e gerenciamento de todas as atividades envolvidas na aquisição, fornecimento e conversão, e todas as atividades de gerenciamento de logística. Importante, também inclui a coordenação e colaboração com parceiros de canais, que podem ser fornecedores, intermediários, prestadores de serviços de terceiros e clientes. Em essência, a gestão da cadeia de suprimentos integra a gestão da oferta e da demanda dentro e entre empresas (CSCMP, 2010).

O CSCMP considera a logística e a gestão da logística como parte do gerenciamento da cadeia de suprimento (SCM). Por isso, para o CSCMP, logística é definida como:

O processo de planejar, executar e controlar os procedimentos para o eficiente e eficaz transporte e armazenagem de produtos e informações relacionadas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender aos requisitos do consumidor. Esta definição inclui o

abastecimento, a distribuição, a logística interna e as movimentações externas (CSCMP, 2010).

Enquanto que a gestão logística para o CSCMP é:

A parte da cadeia de suprimentos na qual se planeja, executa e controla o fluxo direto e reverso, a estocagem de bens, serviços e informações relacionadas, entre o ponto de origem e o ponto de consumo, com eficiência e eficácia, visando atender aos requisitos dos consumidores. (CSCMP, 2010)

A análise de todas essas definições dadas pelo CSCMP, indicam, primeiramente, que ocorreu uma ampliação das fronteiras gerenciais das empresas, passando-se de uma visão interna (empresa única) para uma visão integrada da rede logística total (várias empresas). Em segundo lugar, essas definições indicam também que os contratos (a compra) e a conversão (a produção) foram agora explicitamente incluídos no âmbito da gestão dos fluxos de material. Em terceiro lugar, a ênfase é colocada na coordenação, colaboração e construção de relacionamento, entre os membros do canal. Por fim, foco nas necessidades dos clientes, na eficiência (baixo custo) e na eficácia (prazo curto).

A partir das diferentes definições apresentadas acima, são determinados aqui alguns aspectos conceituais sobre a definição de rede logística e gerenciamento da logística para esta pesquisa. Isso se faz necessário em função da diversidade de ideias e definições a respeito desses conceitos encontrados na literatura. Dessa forma, diferente do CSCMP, esta tese não considera que exista diferença entre o gerenciamento cadeia de suprimentos e o gerenciamento da logística, pois, “a logística é a espinha dorsal do conceito de cadeia de suprimentos” (ERICSON, 2010). Por isso, a definição de logística para esta tese é:

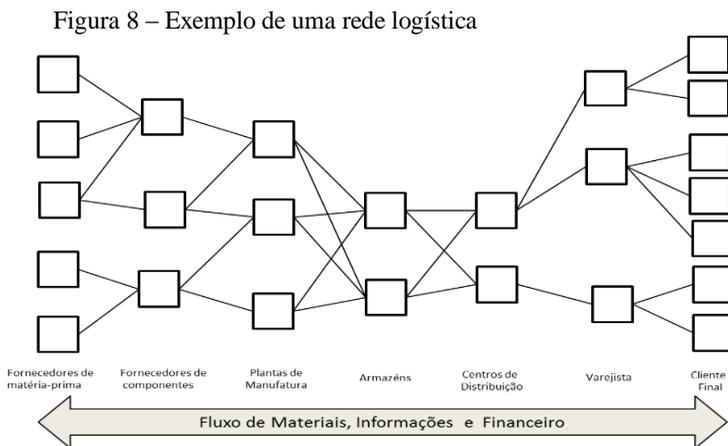
O estudo científico do planejamento, gestão e otimização de fluxos de materiais, pessoas, energia e de informação em sistemas, redes e processos. (TEN HOMPEL, 2008, pag. 140).

Já o conceito de rede logística para esta tese é definido como:

Uma cadeia de suprimentos, também referenciada como uma rede logística, é uma rede constituída por fornecedores, centros de produção, depósitos, centros de distribuição e varejista, e ainda por

estoques de matéria-prima, de produtos em processo e de produtos acabados, que fluem entre as instalações (SIMCHI-LEVI et al., 2004, pag.5).

Além disso, considera-se que uma rede logística requer no mínimo três empresas envolvidas na compra, produção e distribuição dos produtos (MENTZER et al., 2001). A Figura 8 ilustra um exemplo de uma rede logística com fornecedores, plantas, estruturas de distribuição e usuários finais e os fluxos entre os participantes (fluxos de materiais, informações e financeiros).



Fonte: BUSCH e DANGELMAIER (2004, p. 5)

Uma vez definido e entendido o conceito de logística e de redes logísticas, é preciso efetuar o seu efetivo gerenciamento. Assim, a definição de gerenciamento da logística usada nesta tese é muito semelhante à definição gerenciamento da cadeia de suprimento dada pelo CSCMP:

O processo de planejar, implantar e controlar o fluxo e armazenamento eficiente e eficazes de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relacionadas, desde o ponto de origem ao ponto de consumo, com o propósito de se adaptar as necessidades dos clientes (SIMCHI-LEVI, et. al., 2004, pag. 28).

Os processos da rede logística são definidos como o conjunto de atividades utilizadas para realizar o movimento do material através da

rede logística, e, como sugerido pelo CSCMP (2010), os processos da cadeia de suprimentos incluem tanto os processos de produção como os de logística. Em particular, os processos de logística incluem as atividades relacionadas com fluxos direto e reverso e armazenamento de mercadorias, tais como estoque, transporte e armazenagem. Entretanto, geralmente, quando consideramos esses fluxos, é o fluxo de material que vem à mente, uma vez que o foco da logística é no processo de coordenação do fluxo material. Contudo, há outro fluxo – o da informação – que diz para cada processo da rede logística o que, quanto e quando comprar, fabricar ou distribuir. Contudo, os fluxos de material e de informação são dois lados da mesma moeda, e por isso precisam ser tratados com igual importância (ROTHER e SHOOK, 2003). Por isso, esta tese considera que a gestão da rede logística representa a gestão (planejamento, organização, implementação e controle) dos processos (produção e logística) da rede logística.

O gerenciamento da cadeia de suprimentos (SCM) “como um conceito está agora bem estabelecido e sua adoção tem ajudado muitas empresas a ganhar vantagens competitivas” (CHRISTOPHER e HOLWEG, 2011). Existem vários exemplos de empresas que alcançaram a excelência no gerenciamento de suas cadeias de suprimentos como: Apple, McDonald's, Amazon Unilever, Procter & Gamble, Samsung Electronics, entre outras. (GARTNER SUPPLY CHAIN TOP 25, 2014). O que essas empresas têm em comum, é que todas entenderam o valor da logística.

2.1.1 O Valor da Logística

O sucesso de uma organização reside em três elementos estratégicos: (1) a realização do valor para os clientes; (2) o alcance de vantagens competitivas; e (3) processos eficientes e eficazes e com valor adicionado (WATERS, 2003; VASTAG, 2008), que levam a três objetivos centrais de uma empresa (VASTAG, 2008):

- Satisfação do cliente, que é desenvolvido através da realização do valor ao cliente;
- Processos econômicos, através de valor adicionado;
- Segurança futura, o qual é garantido pela construção de vantagens competitivas.

Classificada como sendo intimamente relacionada com o sucesso da empresa, a logística suporta o alcance desses objetivos, como ilustrado na Figura 9.

Figura 9 – O triângulo de sucesso da logística



Fonte: Adaptado de VASTAG (2008)

Considerando os elementos do triângulo de sucesso da logística (ver Figura 8), os objetivos da rede logística podem ser deduzidos, conforme descritos a seguir. Primeiro, para alcançar a meta de melhorar a satisfação do cliente, os vários tipos de requerimentos do cliente (por exemplo: tempo, localização, quantidade, qualidade, etc.) devem ser atendidos com excelência (VASTAG, 2008; FAWCETT, ELLRAM e OGDEN, 2007; VDI, 2002), e isso gerará uma expectativa um pouco maior do desempenho da logística. Atualmente, um alto desempenho logístico é um objetivo central de qualquer sistema logístico e tem um grande impacto no nível de satisfação do cliente (VASTAG, 2008; BALLOU, 2004; RUSCHTON, OXLEY e CROUCHER, 2002, VDI, 2002). Segundo, para alcançar a meta econômica de uma organização, é necessário que as despesas na produção e logística sejam minimizadas, o que naturalmente leva a outro objetivo – baixos custos logísticos (CHOPRA e MEINDEL, 2010; VASTAG, 2008). Terceiro, para ter uma prosperidade e segurança longa, vantagens competitivas contínuas devem ser construídas. Assim, não só os custos logísticos, mas também o desempenho logístico pertencem aos fatores estratégicos para uma empresa de sucesso (CHOPRA e MEINDEL, 2004; VASTAG, 2008; BALLOU, 2004). Por isso, a rede logística deve ser bem projetada e implementada para melhorar seu nível de desempenho logístico, enquanto

ao mesmo tempo, tenta reduzir os custos logísticos (VASTAG, 2008; RUSHTON, OXLEY e CROUCHER 2002). Em resumo, uma rede logística possui dois objetivos gerais: (1) um alto desempenho logístico (eficácia); e (2) baixos custos logísticos (eficiência). Enquanto a busca pela eficiência está normalmente associada à produtividade e aos custos, a eficácia foca na necessidade de atender aos requisitos dos clientes. Esses dois objetivos são complementares entre si e ambos são indispensáveis. Idealmente é esperado que uma rede logística obtenha um alto desempenho logístico (alta eficácia) com um baixo custo logístico (alta eficiência).

Baseando-se nessa visão, pode-se deduzir que a logística é um dos componentes a serem utilizados pela empresa em sua estratégia para agregar valor aos clientes e acionistas, uma vez que “a logística executada de forma a atingir a satisfação do cliente pelo menor custo total gera valor” (BOWERSOX, CLOSS E COOPER, 2007). “A logística diz respeito à criação de valor – valor para clientes e fornecedores da empresa e valor para os acionistas da empresa” (BALLOU, 2004, pag. 25). Ela é um importante elemento gerador de valor, pois dos quatro tipos de valor – forma, tempo, lugar e posse, “a logística exerce maior impacto sobre dois deles: tempo e lugar” (BALLOU, 2004, pag.27).

Para o cliente, o valor “pode ser definido simplesmente como a diferença entre a percepção dos benefícios que fluem de uma compra ou de uma relação e os custos totais incorridos” (CHRISTOPHER, 2011, p.35). O autor representa essa relação de valor através da expressão 1:

$$\text{Valor} = \frac{\text{Percepção de benefícios}}{\text{Custo total de propriedade}} \quad (1)$$

Enquanto a percepção dos benefícios está associada a dois elementos principais: a qualidade e o serviço prestado, os custos totais são consequência do próprio fator de custo (desembolso para aquisição), mais o custo decorrente do tempo necessário para que o atendimento ocorra e os custos decorrentes do uso, no passar do tempo” (CHRISTOPHER, 2011). Essa visão de valor pode ser representada conforme a expressão 2:

$$\text{Valor} = \frac{\text{Qualidade} \times \text{Serviço}}{\text{Custo} \times \text{Tempo}} \quad (2)$$

No conceito de valor ilustrado na expressão 2, “são observados três fatores críticos para a logística: o serviço, o custo, e o tempo”

(CHRISTOPHER, 2011). Onde o fator serviço está relacionado à disponibilidade, ao suporte e ao compromisso com o cliente; fator custo refere-se aos custos de transação com o cliente, incluindo preço e custos derivados do ciclo de vida. E o fator tempo refere-se ao tempo necessário para responder às exigências do cliente (por exemplo: tempo de espera para entrega). A disponibilidade e o tempo em conjunto formam as bases do atributo agilidade. Ser ágil contribui para que o produto, mesmo com variações em quantidade e variedade, esteja disponível ao cliente. Entretanto, “o valor não é medido pelo custo final, mas sim pela receita total, resultante do preço que a empresa estabelece para o produto, em função do mercado e do número de unidades que ela pode vender” (NOVAES, 2007, pag. 195). Dessa forma, a empresa só será rentável quando a soma dos custos envolvidos na geração do produto for menor do que o valor que ela consegue estabelecer para ele. Normalmente, valor gerado é posicionado como algo requerido apenas pelo cliente. Entretanto, foi considerado nesta tese que o valor é algo almejado, também, pelos acionistas. Contudo, além das definições apresentadas, a rede logística deve ter uma estratégia alinhada aos seus objetivos.

2.1.2 Estratégias da Rede Logística

Segundo Simchi-Levi (2010), as estratégias de operações e de redes logísticas (cadeias de suprimentos) são influenciadas por três fatores-chaves: (1) a proposta de valor ao cliente; (2) o tipo de canal para o mercado; e (3) as características dos produtos. Por isso, é necessário alinhar a proposta de valor ao cliente, as características do produto e os canais de distribuição com as estratégias de operações e da rede logística. Além disso, a seleção da estratégia apropriada para a rede logística é direcionada pela incerteza da demanda, pela economia de escala e pelo prazo de entrega (SIMCHI-LEVI, 2010). Entretanto, a estratégia da rede logística depende ainda da variedade dos produtos e do seu grau de inovação (FISHER, 1997; GUNASEKARAN; PATEL e TIRTIROGLU, 2001). Dessa forma, a primeira etapa para o desenvolvimento de uma estratégia de uma rede logística é considerar a natureza da demanda do produto envolvido (FISCHER, 1997). Esse autor classifica os produtos a partir de suas demandas, caracterizando-os de modo que as necessidades intrínsecas de cada grupo consumidor sejam respeitadas, bem como classifica as redes logísticas através das estratégias mais adequadas para cada uma delas, e que a composição de necessidades dependerá do tipo de produto analisado. Fisher (1997), considera que a causa raiz de muitos problemas, no gerenciamento das redes logísticas, é a mistura que se faz

entre os diversos modelos de gerenciamento, de modo a não respeitar que cada produto, sejam eles funcionais ou inovadores, irá exigir sua própria rede logística com características específicas. Cada um destes produtos, exigirá um tipo de rede logística, isto é, o gerenciamento se dará a partir do tipo de produto envolvido e do modo que ele atenda às necessidades dos consumidores (FISCHER, 1997). O estudo de Fischer (1997) analisou a rede logística, de modo que a diversidade de produtos esteja de acordo com o desejo dos consumidores, já que modernamente, a partir de um portfólio cada vez maior de produtos, o fator demanda e sua variabilidade, são cada vez mais decisivos para a escolha da estratégia mais adequada ao gerenciamento da rede logística.

Geralmente, os produtos podem ser categorizados em três tipos: funcional, inovador e híbrido (FISHER, 1997; HUANG; LAU e MAK, 2003; SIMCHI_LEVI, 2010). Produtos funcionais são aqueles que do ponto de vista de demanda são estáveis, e representam baixo risco de gerenciamento da rede logística, uma vez que não exigem rápidas mudanças ou adaptações. Costumam ser caracterizados como produtos com longos ciclos de vida, que são comprados em quantidades diversas no varejo (ex.: como armazéns, mercearias e postos de gasolina) (FISHER, 1997). Esses tipos de produtos satisfazem necessidades básicas, e, portanto, “não mudam de característica, são estáveis, de demanda previsível e ciclos de vida longos, porém, sua estabilidade convida à competição, o que frequentemente significa baixas margens de lucro (FISHER, 1997). Por outro lado, os produtos inovadores são aqueles que do ponto de vista de demanda são instáveis, tem curto ciclo de vida (em função de suas inovações tecnológicas), e representam alto risco de gerenciamento da redes logísticas, uma vez que exigem rápidas mudanças e/ou adaptações no gerenciamento de redes logísticas. Costumam ser representados por produtos com alta margem de lucro e alto risco de obsolescência (FISHER, 1997). Apesar de serem ótimos sob o ponto de vista de lucratividade, os produtos inovadores aumentam a incerteza dos processos da rede logística (SIMCHI-LEVI, 2010). Essa incerteza vêm do fornecimento (matérias-primas com inovação tecnológica constante) e da demanda, uma vez que o mercado consumidor trata a “novidade” num curto período de tempo, sendo exigidas cada vez mais inovações, num período de tempo cada vez mais curto. Por fim, os produtos híbridos podem consistir de qualquer combinação diferente de componentes funcionais ou uma mistura de componentes funcionais e inovadores (HUANG et al., 2003). São produtos com características intermediárias entre os dois outros tipos (funcional e inovador).

Uma vez entendida as necessidades e particularidades do gerenciamento das redes logísticas, a partir dos diferentes tipos de produtos (inovadores, funcionais ou híbridos), as estratégias da rede logística devem ser selecionadas, de modo a atender a demanda no momento e local corretos, de acordo com as necessidades dos clientes. Dessa forma, produtos funcionais, inovadores e híbridos vão requerer estratégias de redes logísticas diferentes (FISCHER, 1997; LEE, 2002; SIMCHI_LEVI, 2010). Os produtos funcionais são compatíveis com redes logísticas eficientes em função de sua previsibilidade e estabilidade da demanda (FISHER, 1997). No entanto, os mesmos produtos funcionais serão incompatíveis com as redes logísticas responsivas e ágeis, uma vez que essas estratégias têm como pilares a agilidade e os custos de gerenciamento mais altos, em comparação com a estratégia para redes logísticas eficientes. Isso ocorre, porque as redes logísticas responsivas e ágeis desenvolvem métodos próprios para garantir a agilidade necessária ao processo, e, essa agilidade representa custos mais altos de transporte (por exemplo: o modal aéreo é utilizado com larga frequência), estoques (os custos de armazenagem são distribuídos ao longo da cadeia) e dos sistemas de informação, que são mais sofisticados, uma vez que fornecedores, produtores e distribuição, precisam estar muito alinhados quanto aos volumes de produção e entrega. Por sua vez, os produtos inovadores são compatíveis com as redes logísticas ágeis (FISHER, 1997), dada sua característica de constantes velocidades de mudanças tecnológicas, alterações das características dos produtos, e, portanto, da sua influência na flutuação da demanda. Do mesmo modo, assim como demonstram compatibilidade com as redes logísticas responsivas e ágeis, os produtos inovadores são incompatíveis com as estratégias para redes logísticas eficientes, exigindo delas um atendimento ágil, e por vezes customizado, dadas as suas características especiais. Finalmente, os produtos híbridos são compatíveis com as redes logísticas híbridas (ou responsivas). Nas redes logísticas responsivas, uma porção da rede usa uma estratégia eficiente e outra porção da rede usa uma estratégia ágil (CHRISTOPHER, 2000; SIMCHI-LEVI, 2010). A fronteira que separa essas duas estratégias é conhecida como ponto de penetração de pedidos (OPP) (ver seção 2.2.6).

Apesar de sua enorme contribuição, o modelo de Fischer (1997) considera apenas as incertezas do lado da demanda. Lee (2002) expandiu o modelo de Fischer (1997) e também considerou a incerteza no lado do suprimento. Assim, a partir da matriz de incerteza da demanda e suprimentos, e considerando as características de seus produtos (funcionais, inovadores e híbridos), Lee (2002) classifica as estratégias de

redes logísticas em quatro tipos: (1) Eficientes; (2) Cobertura de risco; (3) Responsivas; e (4) Ágeis. Esses quatro tipos de estratégias de rede logística proposta por Lee (2020), são consideradas nesta tese e suas características, são detalhadas a seguir:

- **Eficientes** - são aquelas que combinam estratégias e têm o melhor desempenho de custos das cadeias de suprimento. A fim de que um melhor desempenho seja atingido, atividades sem valor agregado devem ser eliminadas, economias de escala devem ser perseguidas, técnicas de otimização devem ser desenvolvidas a fim de melhorar a utilização de capacidade na produção e distribuição, e melhorias no sistema de informação devem garantir maior eficiência, acuracidade e controle de custos na cadeia de suprimentos.
- **Cobertura de Risco** - são aquelas com incerteza em sua cadeia de fornecimento. O termo “cobertura de risco” vem do fato de que as empresas nesta condição trabalham em parceria, a fim de minimizar os seus impactos de excesso ou falta de estoques, por exemplo. Usuários de matéria-prima comum, estas empresas trabalham em parceria a fim de que numa situação de escassez de produtos, possam dividir os seus estoques, e numa situação de excesso possam redistribuí-los, de modo que os prejuízos sejam reduzidos.
- **Responsivas** -são aquelas sensíveis a ponto de atender às necessidades dos clientes através da customização de produtos. Sua característica primordial é a capacidade de trabalhar num sistema de produção contra pedidos dos clientes, num ambiente de flexibilidade. A capacidade de se adaptar a novas exigências do mercado deve ser um de seus objetivos principais, e para tanto, o ambiente externo também deve estar de acordo com esta flexibilidade, isto é, a legislação vigente deve estar de acordo com esta realidade.
- **Ágeis** - são aquelas que utilizam estratégias combinadas para atender as necessidades dos clientes, e simultaneamente gerenciar as flutuações de escassez e excesso de produtos (matérias-primas) para atendimento do produto final. São consideradas ágeis porque têm a capacidade de

responder às mudanças, diversidade, demandas imprevisíveis dos clientes, enquanto minimizam os riscos de interrupções no fornecimento.

As quatro estratégias descritas acima, foram escolhidas como referência nesta tese, por melhor se adequar ao modelo para seleção de estratégias de postergação em redes logísticas e por serem aplicáveis em indústrias diversificadas, que abrigam em seu portfólio, produtos funcionais, tais como alimentos, linha branca (fogões e geladeiras) e televisores, bem como produtos inovadores, tais como carros, computadores, telefones celulares, áudio e vídeo e produtos de moda. Essa abordagem também pode ser utilizada em produtos híbridos, alinhadas com as estratégias denominadas responsivas (ou híbridas).

Independentemente da estratégia de rede logística utilizada, o objetivo de toda rede logística é maximizar o valor global gerado para os clientes e acionistas (CHOPRA e MEINDL, 2010). Entretanto, alguns autores consideram que a logística é uma função, quando a logística é na verdade um processo (KUHN e HELLINGRATH, 2002; TEN HOMPEL, 2008), que necessita do comprometimento de todas as funções da empresa e uma estreita colaboração com as demais empresas da rede logística, uma vez que a geração de valor ocorre ao longo da cadeia de processos logísticos.

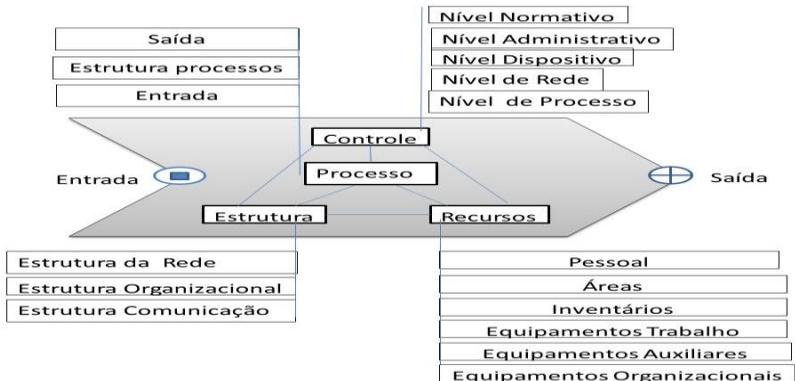
2.1.3 Cadeia de Processos Logísticos

Devido à inter-relação entre os objetos logísticos (produtos) e a característica interfuncional das atividades logísticas, as questões logísticas complexas estão sendo cada vez mais estudadas do ponto de vista dos processos logísticos, o qual considera a cadeia logística total - desde o fornecedor original até o consumidor final (CHOPRA e MEINDEL, 2010; MANGAN, LALWANI e BUTCHER, 2010; STADLER, 2005). Os processos logísticos influenciam diretamente no custo logístico e no serviço ao cliente (CHOPRA e MEINDEL, 2010; MANGAN, LALWANI e BUTCHER, 2010), sendo o modelo da cadeia de processo (*Prozessketenmodell*) concebido por Kuhn (1995), utilizado como um guia para uma análise compreensiva do papel das estratégias de postergação em redes logísticas (ver Figura 10). Os elementos da cadeia de processo ilustrados na Figura 10, representam um segmento de processo da rede logística e descrevem a transformação das variáveis de entrada em variáveis de saída (KUHN, 1995). O modelo de cadeia de processos (ver Figura 10) considera que, através de fontes (entrada), os

objetos (materiais) são empurrados ou puxados (fontes ativas e fontes passivas) e são introduzidos no processo. Os objetos são então transformados no processo e são passados de volta (saída) para o ambiente do sistema ou para a próxima etapa da cadeia de processos. O modelo da cadeia de processos corresponde a essa abordagem, e por isso, os objetos em seu poder estão em contínuo processo de transformação (KUHN, 1995).

Dessa forma, o modelo de cadeia de processos permite que qualquer rede logística possa ser formulada, e, seu desempenho melhorado, através da conjunção de quatro fatores de influência (parâmetros de projeto) do processo logístico: (1) recursos; (2) processo; (3) estrutura e (4) controle, conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10: Elementos e parâmetros da cadeia de processos



Fonte: KUHN (1995, p.10)

A abordagem da cadeia de processos permite a modelagem de cadeias de processos (seqüências de processos com transições definidas, utilizando uma metodologia de modelagem integrada) e a combinação de processos e recursos. A modelagem de cadeias de processo é realizada no horizonte de tempo, portanto, os requisitos de tempo e de recursos são mapeados. Além do consumo de tempo, os processos são caracterizados pelo consumo de recursos. O elemento denominado recurso, refere-se aos recursos disponíveis, incluindo recursos que uma empresa possui, como: pessoal, espaço, materiais, equipamentos, ferramentas e recursos financeiros. De acordo com Kuhn (1995), esses recursos são referidos como os recursos escassos da logística, já que fazem uma contribuição significativa para os custos dos processos das empresas.

Contudo, não basta apenas os processos e recursos; é necessário também uma estrutura e o controle. O fator estrutura representa os elementos estáticos de um sistema, pelo arranjo dos elementos do sistema e da natureza das relações entre esses elementos e como são determinados. Para a cadeia de processos, três parâmetros - a estrutura da rede, a estrutura de comunicação organizacional e a estrutura técnica, podem ser distinguidos, e isso inclui, não apenas a parte física, mas também a lógica das estruturas (ou a sua organização). Por sua vez, o fator controle, inclui a regulação, controle e os processos de monitoramento, os quais, determinam a dinâmica dos processos em um sistema de forma a garantir a funcionalidade de toda a rede logística.

Entretanto, estando localizada num mercado dinâmico, as redes logísticas enfrentam turbulências constantes no sistema com as numerosas forças de mudanças (tecnológicas, ambientais, políticas, social e econômica) (ver KUHN e HELLINGRATH, 2002; CHOPRA e MEINDEL, 2010). Uma dessas forças de mudança, a variabilidade da demanda do cliente, foi selecionada nesta tese para refletir a dinâmica do sistema, porque ela tem fundamental impacto sobre qualquer sistema logístico e é fonte da maioria das outras fontes de turbulência (ARNADT, 2010), conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11 – Influência da variabilidade da demanda do cliente



Fonte: ARNADT, 2010

A variabilidade da demanda pode ser calculada pelo coeficiente de variação da demanda (cv), que é a relação entre o desvio padrão da demanda (σ) sobre a média (μ) (CHOPRA e MEINDL, 2010, p.185).

Assim, dada a demanda com uma média μ e um desvio-padrão de σ , o coeficiente de variação da demanda, pode ser calculado pela expressão (3).

$$cv = \frac{\sigma}{\mu} \quad (3)$$

Um dos fatores afetados diretamente pela variabilidade da demanda (ver Figura 11) é a localização e a quantidade de inventário mantida na rede logística.

2.1.4 Gestão do Inventário em Redes Logísticas

Como uma das maiores questões logísticas, o inventário tem uma influência significativa no desempenho logístico de uma única empresa ou de toda a rede logística (RUSHTON, OXLEY e CROUCHER, 2002; CHOPRA e MEINDEL, 2010), uma vez que a sua quantidade e localização são vitais para a satisfação das necessidades dos clientes (RUSHTON, OXLEY e CROUCHER, 2002; MANGAN, LALWANI, BUTCHER, 2010). A função fundamental do inventário é prover à uma empresa “um pulmão entre o suprimento de um item e a sua demanda”, o que “permite que a organização continue a sua operação normal mesmo quando existir variação ou incerteza” (WATERS, 2007). O detalhado papel que os inventários desempenham pode ser descrito como segue (RUSHTON, OXLEY e CROUCHER, 2002; AXSÄTER, 2006; ZIPKIN, 2000):

- Manter os custos de produção baixos;
- Acomodar a variação da demanda;
- Levantar em consideração a variação dos prazos de entrega;
- Minimizar custos administrativos (ex.: ressuprimento e setup);
- Alcançar vantagens de descontos por quantidade;
- Levantar em consideração flutuações sazonais;
- Permitir especulação/flutuações no preço;
- Ajudar as operações de produção e distribuição a rodar sem problemas;
- Prover serviço imediato aos clientes;
- Minimizar atrasos de produção causados por falta de partes;
- Facilitar os processos de produção.

Embora o inventário seja de vital importância para garantir o serviço ao cliente, “muito inventário ou o inventário errado é destrutivo para o bem estar da empresa” (ZIPKIN, 2000; RUSHTON, OXLEY e CROUCHER, 2002; AXSÄTER, 2006; MANGAN, LALWANI e BUTCHER, 2010). Uma vez que o inventário é mantido na rede logística, uma grande quantidade de recursos, incluindo capital, trabalho e espaço, são utilizados na manutenção de várias formas de inventário (matéria-prima, produto em processo, produto acabado) (ROSS, 1996; RUSHTON, OXLEY e CROUCHER, 2002; MANGAN, LALWANI e BUTCHER, 2010), e incorre ainda em custos de transporte, custos de recebimento e manuseio, etc. (ROOS, 1996; MANGAN, LALWANI e BUTCHER, 2010). O inventário é considerado um dos maiores tipos de custos logísticos para a maioria das empresas de manufatura e do varejo (RUSHTON, OXLEY e CROUCHER, 2002). Além disso, um alto nível de inventário pode ocultar sérios problemas na superfície da rede logística, como fornecedores não confiáveis, erros de previsões, problemas de produção, questões de qualidade e demanda altamente incerta, conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12 – Problemas logísticos ocultos por alto nível de inventário

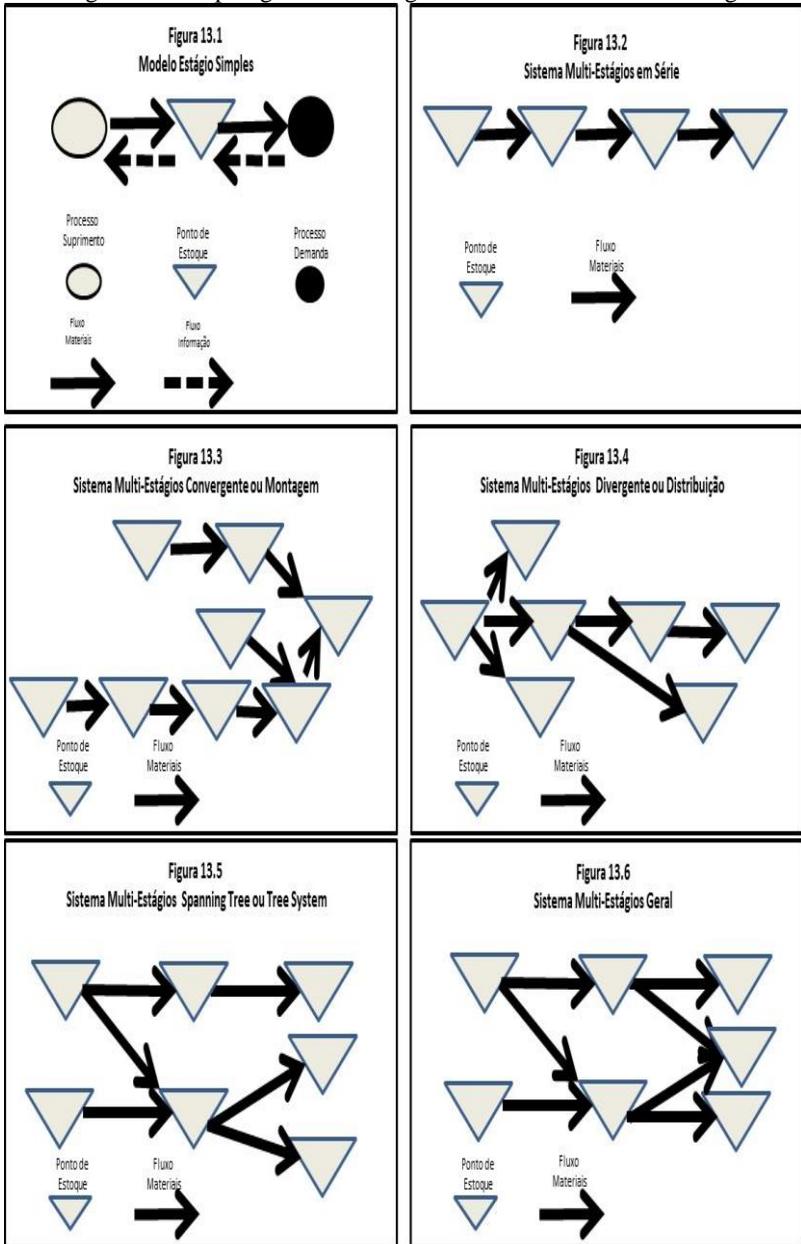


Fonte: RUSHTON, OXLEY e CROUCHER, 2002

Todavia, considerando a natureza do fluxo de material de uma rede logística, existem diferentes topologias da rede, e, cada uma delas necessita de diferentes abordagens com relação ao planejamento e controle de inventário.

A Figura 13 apresenta um resumo das diferentes topologias de rede usadas no planejamento de inventários, e, está dividida em seis (6) diferentes topologias, para caracterizar uma rede logística, de acordo com a natureza de arranjos de seus diferentes estágios.

Figura 13 – Topologias de rede e gestão de inventários na rede logística



Fonte: Adaptado de ZIPKIN (2000)

A Figura 13.1 representa um modelo para o gerenciamento de inventário denominado sistema de estágio único. Esse tipo de sistema e seus modelos fundamentais, têm sido sistematicamente introduzidos em quase todos os livros relativos à gestão de inventários ou gerenciamento da rede logística (WISNER, LEONG e TAN, 2011; CHOPRA e MEINDEL, 2010; AXSÄTER, 2006; BALLOU, 2004; ZIPKIN, 2000). A complexidade desses modelos depende, largamente, das “considerações sobre a demanda, a estrutura de custos e as características físicas do sistema” (LEE e BILLINGTON, 1994).

Por sua vez, os sistemas multi estágios diferem do sistema de estágio único, porque o tempo do processo de um estágio, depende do nível de inventário nos outros estágios. Para um estágio, o *lead time* é o tempo total necessário, desde o recebimento de um pedido até a entrega do pedido. Assim, a segunda estrutura (ver Figura 13.2) mostra um sistema multi estágios em série. Nesse tipo de estrutura, cada estágio tem por definição não mais que um fornecedor e um cliente (AXSÄTER, 2006; ZIPKIN, 2000).

Os modelos de sistemas multi estágios, podem ainda ser classificados em convergentes (ou montagem) ou divergentes (ou distribuição) (AXSÄTER, 2006; ZIPKIN, 2000). A Figura 13.3 mostra uma estrutura convergente, também conhecida como sistema de montagem. Nesse tipo de estrutura, vários nós de suprimentos provem partes para um nó que converte um conjunto de partes em um produto acabado. Por sua vez, a Figura 13.4 ilustra um sistema divergente, também conhecido como sistemas de distribuição, que é um espelho do modelo convergente (ou montagem). No sistema divergente, um nó de distribuição é suprido por exatamente um nó fornecedor, que por sua vez fornece para mais de um nó de distribuição.

Sistemas mais complexos são modelados com árvore expandida (*spanning tree*), também chamada arborescente (LEE e BILLINGTON, 1994, p.837) ou simplesmente um sistema de árvore (*tree system*) (ZIPKIN, 2000, p.139). Uma árvore expandida é formada por n nós e $(n-1)$ arcos não direcionados (ver figura 13.5), o qual o número mínimo de arcos necessários para ter uma rede conectada e o número máximo de arcos não tendo ciclos indiretos (ZIPKIN, 2000).

Por fim, os sistemas mais gerais, como mostrado na figura 13.6, incluem estruturas de distribuição, que mostram propriedades dos sistemas em série, montagem e distribuição juntos.

Esta tese considera a topologia característica de sistema multi estágio convergente (ou montagem), conforme descrito na seção 3.4.4.1. Contudo, além do gerenciamento de inventário em redes logísticas, outro

fator chave no atual ambiente competitivo é a capacidade de a rede logística ser flexível.

2.1.5 Flexibilidade em Redes Logísticas

Um outro parâmetro importante, para a adoção das estratégias de postergação, e considerado nesta tese é a flexibilidade. A flexibilidade pode ser uma ferramenta poderosa para ganhar vantagem competitiva (adaptação), reduzir os custos e melhorar a resposta da rede logística (WANG e LEE, 2001). Um dos benefícios apontados na utilização da postergação é aumentar a flexibilidade da rede logística (LEE, 1996, YANG e BURNS, 2003). O conceito de flexibilidade utilizado nesta tese é definido como “a habilidade de responder a mudanças sem aumentar os custos operacionais e da rede logística, com pouco ou nenhum atraso no tempo de resposta” (SIMCHI-LEVI, 2010, p. 13). Nessa definição, o termo mudança refere-se não só as mudanças no volume e mix da demanda, mas também no preço dos materiais, no custo de pessoal, na taxa de câmbio, na tecnologia, na disponibilidade de equipamento, no processo de produção, no ambiente logístico e em outras condições de mercado.

Após a descrição dos principais conceitos e parâmetros relacionados as redes logísticas considerados nesta tese, a seção 2.2 apresenta e discute os fundamentos das estratégias de postergação.

2.2 FUNDAMENTOS DAS ESTRATÉGIAS DE POSTERGAÇÃO

Esta seção apresenta a evolução do escopo e dos conceitos fundamentais, relacionados às estratégias de postergação no contexto das redes logísticas.

2.2.1 Evolução do Escopo e do Conceito de Postergação

A base teórica do conceito de postergação foi elaborada por Alderson (1950) e seu foco era a busca pela eficiência do canal de *marketing* (ou canal de distribuição). Alderson (1950) conclui que,

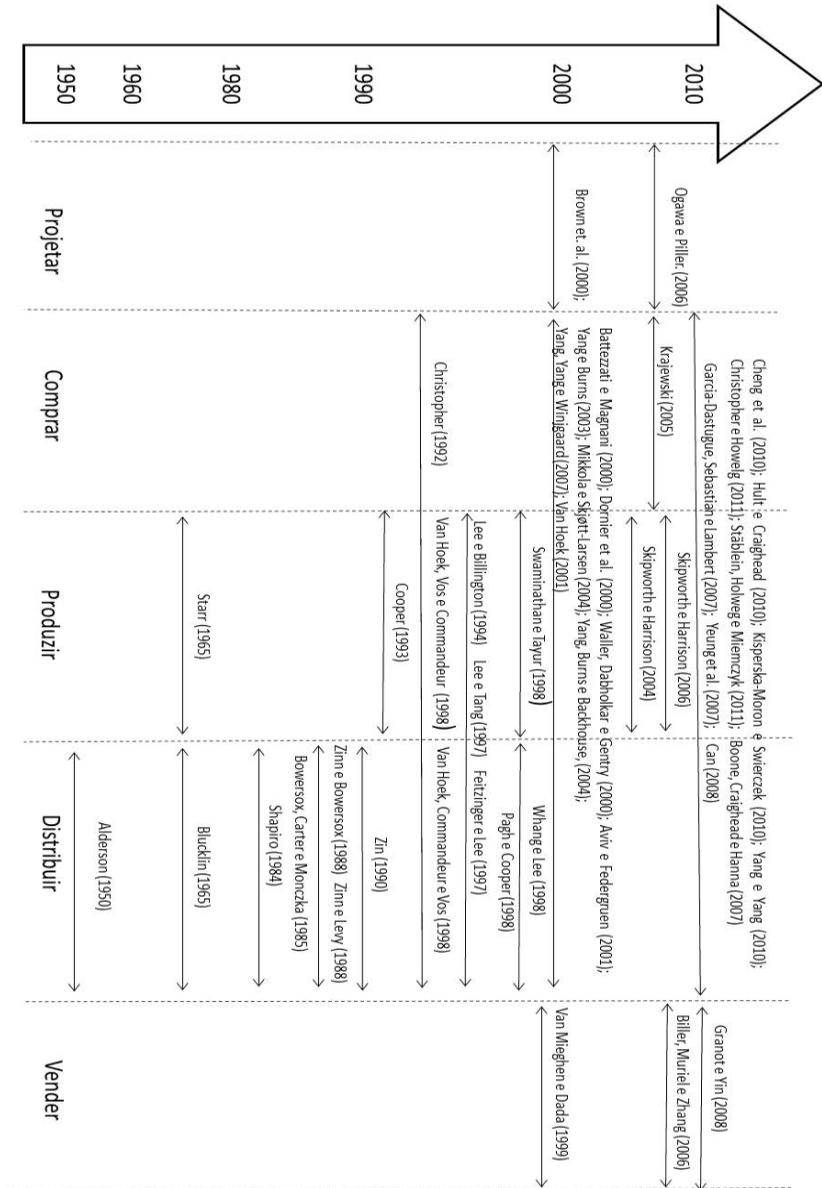
Quanto maior o grau de adiamento da configuração final dos produtos ou mudanças na localização do inventário para o último tempo possível, menor a possibilidade de perdas e maior o nível de serviço prestado ao consumidor final.

Entretanto, embora o conceito de postergação tenha nascido na área de *marketing*, mais especificamente no canal de distribuição, o escopo do conceito se expandiu para as áreas de produção e de suprimentos, para, a partir da década de 1990, alcançar todos os processos da rede logística – desde o projeto do produto até a venda e precificação. A Figura 14 mostra a evolução do escopo de aplicação da estratégia de postergação ao longo dos últimos anos. Conforme descrito na Figura 14, alguns anos mais tarde, a base teórica desenvolvida por Alderson (1950) foi complementada por Bucklin (1965), através do desenvolvimento do conceito de especulação aplicado ao canal de distribuição. Bucklin (1965) desenvolve um modelo conceitual de postergação-especulação no tempo, almejando antecipar se a postergação ou a especulação, deveria ocorrer no canal de distribuição de um produto, ou seja, o modelo proposto estabeleceu se um inventário especulativo deveria ser ou não posicionado no canal de distribuição. Segundo Bucklin (1965), a presença do inventário especulativo é função do tempo de entrega, e propõe que existam duas classificações para a postergação de tempo introduzido por Alderson (1950). Postergação para trás (*backward postponement*), quando o inventário é mantido na planta do fornecedor; Postergação para frente (*forward postponement*) quando o inventário é especulado na planta do fabricante. Bucklin (1965) assume que, diante de competição perfeita, o inventário especulativo estaria presente no canal de distribuição se esse minimizar a combinação dos custos do vendedor e do comprador.

De forma geral, Alderson (1950) e Bucklin (1965) identificaram que os custos relacionados aos riscos e incertezas, estão intrinsicamente ligados à intensidade de diferenciação no espaço-tempo, que ocorrem durante os processos de manufatura e logística. Esses autores reconheceram que a demanda crescente pela personalização não seria satisfeita pelo sistema de produção em massa vigente. Para eles, seria necessário o envolvimento das áreas de operações e logística, para maximizar a possibilidade de diferenciação. Entretanto, apesar de reveladores, os trabalhos de Alderson (1950) e Bucklin (1965) não despertaram a merecida atenção dos executivos, em função do predomínio da mentalidade de produção em massa, no mercado daquela época.

Ainda nessa época, Starr (1965) complementa o conceito de postergação proposto por Alderson (1950) e Bucklin (1965), ao definir o conceito de modularização do produto. Para Starr (1965), os produtos deviam ser construídos a partir de módulos, para otimizar a montagem final e permitir uma ampla variedade de produtos possíveis como “saídas”

Figura 14 – Evolução do escopo de aplicação do conceito de postergação



Fonte: Autor

do processo produtivo, sem grande impacto nos custos produtivos. Segundo o autor, a simplificação do processo de montagem, resultante da existência de menor número de módulos (se comparado ao número de peças individuais) colabora para a montagem mais rápida. Segundo Starr (1965), a modularização também ajuda a viabilizar as estratégias de postergação, isto é, o adiamento das atividades de produção/montagem até o momento que a demanda específica tenha sido identificada. Nesse caso, módulos de produtos podem ser concebidos para permitir diferentes versões do produto, montadas de acordo com necessidades específicas do cliente, e isso, resulta em economia de inventário.

Novos estudos sobre a aplicação da estratégia de postergação voltaram a ocorrer somente a partir da década de 80 quando Shapiro (1984) publicou um artigo e retomou o estudo do tema postergação. O foco de seu trabalho foi identificar onde localizar os estoques no canal de distribuição. Alguns anos depois, Bowersox, Carter e Monczka (1985), Zinn e Levy (1988) publicam trabalhos com foco ainda na distribuição. Zinn e Bowersox (1988), publicam um artigo afirmando que a estratégia de postergação é uma estratégia eficaz para aprimorar os sistemas de distribuição.

A partir da década de 90, surgiram os primeiros trabalhos considerando que a estratégia de postergação deve ser aplicada no contexto de redes logísticas (ver Figura 14). Christopher (1992) foi o pioneiro e ampliou o escopo do conceito de postergação, indicando-a como uma estratégia eficaz e capaz de reorganizar redes logísticas globais. Também nesse período, muitos trabalhos utilizando abordagens analíticas e gerenciais foram publicados, entre eles Lee, Billington e Carter (1993) e Lee e Billington (1994) apresentam e discutem os benefícios e princípios da estratégia de postergação, usando o sistema de distribuição da empresa Hewlett-Packard como exemplo. Feitzinger e Lee (1997) apresentam e discutem os benefícios e princípios da estratégia de postergação, usando o sistema de distribuição da empresa Hewlett-Packard como exemplo. Em outro trabalho, Lee e Tang (1997) desenvolvem um modelo analítico que captura os custos e benefícios associados com a estratégia de postergação na diferenciação do produto. Usando modelos analíticos, Whang e Lee (1998) apresentam um modelo analítico para indicar a escala de benefícios que a postergação da produção pode trazer, pela redução da incerteza e pela redução dos erros de previsão. Usando uma abordagem gerencial, Van Hoek, Commandeur e Vos (1998) indicam a utilização dos princípios da postergação para a reconfiguração da rede logística na Europa, através de um modelo conceitual que demonstra a inter-relação entre a terceirização e

postergação no contexto de redes logísticas. Por outro lado, Van Hoek, Vos e Commandeur (1998), apresentam um estudo para reestruturação de redes logísticas pela implementação da postergação. No mesmo ano, Pagh e Cooper (1998) apresentam um modelo conceitual, relacionando postergação e especulação com os processos de produção e logística na forma de uma matriz, e, identificaram quatro estratégias possíveis de postergação sob estas condições. Por sua vez, Swaminathan e Tayur (1998) projetam processos de montagem usando vaniila boxes para postergar a diferenciação do produto. Van Mighen e Dada (1999) são pioneiros no desenvolvimento de um novo tipo de postergação relacionada à área de marketing (vendas), através da postergação na definição do preço dos produtos.

A partir dos anos 2000, uma grande variedade de trabalhos com novas estratégias de postergação são publicados no processo de desenvolvimento de produtos com Brown et. al. (2000) apresentam um exemplo de uma indústria fabricante de semicondutores, e demonstram o uso de duas novas estratégias de postergação diferentes e inovadoras no projeto de produtos: (1) postergação de produtos e (2) postergação de processo. Por sua vez, Dornier et al. (2000) desenvolvem um modelo para escolha da configuração de redes logísticas globais, categorizando-as pelo grau de modularidade e nível de postergação. Um modelo conceitual na forma de uma matriz, onde a logística de entrada (suprimento) e a de logística de saída (distribuição) representam, respectivamente, o grau de modularização e de postergação da rede logística. No mesmo ano, Johnson e Anderson (2000) também demonstram em seus estudos os custos e benefícios associados com a postergação no contexto da rede logística. Esses autores mostram que a postergação é uma estratégia ideal para produtos com ciclos de vida curto e que o valor da postergação cresce com o aumento da incerteza das previsões de demanda, sendo ainda uma estratégia efetiva para o gerenciamento da variedade de produtos. Nesse período, foram publicados também alguns trabalhos usando uma abordagem gerencial no contexto de redes logísticas como Waller, Dabholkar e Gentry (2000) e Battezzati e Magnani (2000) utiliza as estratégias de postergação da logística como suporte da implementação da postergação na manufatura. No ano seguinte, Swaminathan e Lee (2001) apresentam um modelo analítico para suporte à decisão gerencial que relaciona as estratégias a postergação com a variedade de produtos, através da substituição de componentes do produto, o número de componentes comuns do produto e a modularidade dos processos. Ao final, os autores identificam a abordagem mais apropriada sobre diferentes condições de postergação na distribuição dos produtos. Já Aviv

e Federgruen (2001) expandem o conceito para o projeto do produto e afirmam que tanto produtos e processos devem ser desenhados/redesenhados para facilitar a adaptação da postergação. Usando uma visão gerencial, Van Hoek (2001) revisa o estado da arte sobre o tema postergação em redes logísticas. Por sua vez, Yang e Burns (2003) indicam as implicações da postergação no contexto de redes logísticas, enquanto Yang, Burns e Backhouse, (2004), discutem a relação entre postergação e os riscos na rede logística. Mikkola e Skjøtt-Larsen (2004) indicam que além da customização em massa e da modularização, a postergação é uma das três estratégias para gerenciar a integração de cadeias de suprimentos. Os autores analisaram a relação entre customização em massa, a postergação e a modularização, através da curva de característica de modularização. Ao final, discutem as implicações gerenciais dessas estratégias.

Recentemente, Krajewski (2005) consideram a postergação no processo de suprimentos. Ogawa e Piller (2006) discutem a postergação no contexto do desenvolvimento de novos produtos. Biller, Muriel e Zhang (2006), aprofundam o estudo da postergação do preço, Com base no seminal artigo de Van Hoek (2001), Boone, Craighead e Hanna (2007) reexaminam o estado da arte das estratégias de postergação em redes logísticas. Yang, Yang e Winjgaard (2007) discutem a postergação como um conceito sob uma perspectiva inter-organizacional. Garcia-Dastugue, Sebastian e Lambert (2007), ampliam aplicação da postergação do tempo no context de um rede logística, usando modelos analíticos com base em programação dinâmica para identificar políticas ótimas de reposição de estoque na rede. Yeung et al. (2007) apresentam os resultados da aplicação de diferentes estratégias de postergação em diferentes redes logísticas chinesas. Já Can (2008), defende que a eficiência e responsividade são importantes princípios para sucesso da estratégia de customização em massa, e, a postergação contribui para obtenção de ambos princípios. Granot e Yin (2008), apresentam um novo modelo para postergação do preço. Cheng, Wan e Wang (2010), discutem em seu trabalho a relação existente entre variedade de produto, customização em massa e postergação, e, ao final, são apresentados diferentes modelos de custos de inventário para analisar as diferentes estratégias de postergação em redes logísticas. Por sua vez, Hult e Craighead (2010), apresentam estudos sobre a relação do risco da incerteza e a postergação. Kisperska-Moron e Swierczek (2010), apresentam as vantagens das postergação em no contexto de redes logísticas. Yang e Yang (2010), discutem como as estratégias de postergação estão relacionadas à incerteza e aos riscos na rede logística. Por fim, Stäblein, Holweg, Miemczyk (2011) propõem e

validam medidas de variedade de produtos, com base em pedidos dos clientes, e demonstram empiricamente como essas medidas podem ser usadas para medir o impacto da postergação.

Além da evolução do escopo de aplicação da postergação na rede logística, também é importante entender a evolução da definição do conceito de postergação. Entretanto, para entender a evolução do conceito de postergação, é necessário, inicialmente, conhecer a definição etimológica da palavra *postponement*, para em seguida, a partir de uma extensa revisão bibliográfica, identificar as diferentes definições do conceito de postergação dadas por diferentes autores ao longo do tempo.

Segundo o dicionário da língua inglesa Merrien-Webster (2013), em sua definição etimológica, a palavra *postponement* (*postpone*) vem do latim *postponere*, onde a partícula *post* significa colocar para depois, adiar. Já o seu complemento *ponere*, significa colocar na posição. Por isso, a palavra postergar tem muitos significados, entre eles: adiar, colocar; colocar mais tarde (em ordem de prioridade, preferência ou importância) ou seja, decidir que algo que tinha sido planejado para um tempo determinado será feito em um momento posterior. Em português, a palavra adiamento é usada como tradução do termo em inglês *postponement* (BALLOU, 2004). Segundo o dicionário de português Michaelis (2013) a palavra adiar é definida como “deixar para outro dia, demorar, diferir, procrastinar, protelar, transferir (a decisão, a tentativa, o pagamento, os compromissos).” Dessa forma, verifica-se que a definição etimológica a palavra *postponement*, e seu significado em português (adiamento), continuam atuais e coerentes ao significado do conceito proposto por Alderson (1950).

Após a confirmação do significado da palavra *postponement*, também é necessário identificar as diferentes definições do conceito de postergação dadas por diferentes autores ao longo do tempo, conforme mostrado no Quadro 1. A primeira coluna do Quadro 1 identifica o nome do autor e o ano de publicação do trabalho. Já a segunda coluna descreve os conceitos de postergação, definidos pelos diferentes autores. A terceira coluna indica se na definição do conceito de postergação, os autores consideram que as atividades da rede logística ocorrem apenas após o recebimento do pedido do cliente ou não. Na quarta coluna do Quadro 1, são identificadas as tipologias de postergação (forma, tempo e lugar), consideradas na definição do conceito de postergação dada pelos autores. Contudo, uma vez que a seleção das diferentes estratégias de postergação estão relacionadas diretamente com a localização do ponto de penetração de pedidos (OPP's), são identificados (quinta coluna do Quadro 1) o número de pontos de penetração de pedidos (OPP's) considerados pelos

Quadro 1 – Evolução do conceito de postergação

Autor	Definição do Conceito Postergação	Após Pedido Cliente Final	Tipologia Postergação	Nº OPP	Método Pesquisa
Alderson (1950)	O princípio da postergação requer mudanças na forma e identidade ocorram no último ponto possível no fluxo de marketing, e mudanças na localização do inventário ocorre no último ponto possível no tempo.	Não	Forma e Tempo	Não definido	Conceitual
Bucklin (1965)	O princípio da postergação afirma que mudanças na forma e na localização do inventário devem ser adiadas até o último momento possível.	Não	Tempo	Não definido	Conceitual
Ballou (1981)	Embarcar tanto quanto possível antes de quebrar expedições a granel em quantidades menores, ou mover tantos materiais quanto possíveis no canal de distribuição antes de convertê-los em produtos acabados.	Não	Forma	Não definido	Conceitual
Shapiro (1984)	Postergação (make to order) e especulação (make to stock).	Sim	Não definido	Um	Conceitual
Bowerson, Carter e Monczka (1985)	Postergação significa adiar a performance do cronograma planejado para uma atividade o máximo possível em todo o processo de gestão logística de materiais.	Não	Tempo	Não define	Conceitual
Zinn e Levy (1988)	O princípio da postergação considera que mudanças na localização do inventário será postergado até o último tempo possível no processo de marketing.	Não	Tempo	Não define	Modelagem
Zinn e Bowerson (1988)	O princípio do processo de postergação propõe que o tempo de embarque e a localização do processamento do produto final na distribuição do produto seja adiado até a ordem do cliente seja recebida.	Sim	Tempo e Forma	Dois	Numérico
Zinn (1990)	Postergação é a prática de adiar a configuração final de um produto até os pedidos dos clientes serem recebidos.	Sim	Tempo	Um	Conceitual
Cooper (1993)	Postergação permite que algumas atividades normalmente associadas com a produção possam ser realizadas à jusante na cadeia de suprimento, adiando o ponto no tempo quando as mercadorias tornam-se dedicadas a clientes particulares do mercado.	Não	Tempo e Forma	Um	Conceitual
Lee (1993)	Um conceito chave no projeto de cadeias de suprimentos é o adiamento da diferenciação do produto. Isto também é conhecido simplesmente como estratégia de postergação.	Não	Forma	Um	Conceitual

Fonte: Autor

Quadro 1 – Evolução do conceito de postergação (continuação)

Autor	Definição do Conceito Postergação	Após Pedido Cliente Final	Tipologia Postergação	Nº OPP	Método Pesquisa
Lee e Billington (1994)	Postergação refere-se ao redesenho do processo para atrasar o ponto de diferenciação do produto.	Não	Forma	Um	Empírico
Feitzinger e Lee (1996)	A chave é postergar a tarefa de diferenciação de um produto para um cliente específico até o último ponto da rede de suprimentos (cadeia de fornecedores, manufatura e distribuição).	Não	Forma	Um	Conceitual
Van Hoek (1997)	Postergação é um conceito operacional que tem como objetivo o adiamento das atividades até que os pedidos dos clientes tenham sido recebidos.	Sim	Tempo	Um	Survey
Pagh e Cooper (1998)	A postergação de manufatura busca manter o produto na forma neutra e sem compromisso o máximo possível no processo de manufatura. A postergação de logística busca manter uma linha completa de inventário antecipatório em um ou em poucos locais estratégicos.	Não	Tempo e Forma	Permite vários	Conceitual
Van Hoek, Comnadaeur e Vos (1998)	Postergação gira em torno de adiamento de atividades na cadeia de suprimentos até que os pedidos dos clientes sejam recebidos, ao invés de realizá-los em antecipação aos futuros pedidos dos clientes.	Sim	Tempo	Um	Conceptual
Mason-Jones e Towill (1999)	Postergação da variação da diferenciação do produto até o último momento possível reduz o risco e a incerteza imposta pela demanda do consumidor.	Não	Tempo	Um	Conceitual
Naylor, Naim e Berry (1999)	O objetivo da postergação é aumentar a eficiência da cadeia de suprimentos pela movimentação da diferenciação do produto (no OPP) perto do cliente final.	Sim	Forma	Um	Conceitual
Battezzati e Magnani (2000)	Postergação ou diferenciação adiada significa ... a customização final do produto no nível da planta ou – no caso mais extremo – no nível de distribuição.	Sim	Forma	Um	Conceitual
Brow, Lee e Petrakian (2000)	Na postergação do produto, os produtos são projetados para que funcionalidades específicas do produto não sejam ajustadas até depois de o cliente receber o produto. Na postergação do processo, um parte genérica é criada nos estágios iniciais do processo de manufatura. Nos estágios finais, esta parte genérica é customizada para criar o produto acabado.	Sim	Forma	Um	Empírico

Fonte: Autor

Quadro 1 – Evolução do conceito de postergação (continuação)

Autor	Definição do Conceito Postergação	Após Pedido Cliente Final	Tipologia Postergação	Nº OPP	Método Pesquisa
Van Hoek (2001)	Postergação é um conceito organizacional onde algumas atividades na cadeia de suprimentos não são realizadas até os pedidos dos clientes serem recebidos.	Sim	Tempo	Um	Conceitual
Stock e Lambert (2001)	Postergação de mudanças na forma e identidade do produto até o último ponto possível no processo de marketing e postergar a localização de inventário para o último ponto no tempo.	Não	Tempo e Forma	Permite muitos	Conceitual
Simchi-Levi , Kaminsky, Simchi-Levi , (2003)	Postergação de forma significa atrasar a finalização do produto até que os pedidos dos clientes sejam recebidos.	Sim	Forma	Um	Conceitual
Yang e Burns (2003)	Postergação gira em torno de atrasar as atividades na cadeia de suprimento até que a informação real sobre os mercados esteja disponível.	Sim	Tempo	Um	Conceitual
Yang , Burns e Blackhouse (2004)	O conceito de postergação é sobre atrasar as atividades (quanto à forma e / ou local) até o último ponto possível no tempo.	Não	Forma , Tempo e Lugar	Não	Conceitual
Bowersox, Closs e Cooper (2006)	Postergação é o atraso da manufatura final ou distribuição de um produto até o recebimento de um pedido do cliente.	Sim	Tempo	Um	Conceitual
Davila e Wouters (2006)	Postergação significa que um produto ou o processo de produção é projetado para adiar o ponto de especificação do cliente o máximo possível.	Sim	Forma, Tempo e Lugar	Não	Numérico
Boone, Craighead e Hanna (2007)	Postergação refere-se a um conceito segundo o qual as atividades na cadeia de suprimentos são atrasadas até que uma demanda seja realizada.	Sim	Forma e Tempo	Não	Conceitual
Wong Winkner e Nam (2008)	Postergação refere-se a atrasar o ponto em que a customização final do produto pode ser realizada.	Não	Forma	Um	Numérico
Chopra e Meindl (2010)	Postergação é a habilidade da cadeia de suprimentos de adiar a diferenciação ou customização do produto até perto do tempo que o produto é vendido.	Não	Forma e Tempo	Não	Conceitual

Fonte: Autor

autores, na definição do conceito de postergação. Ao final, os diferentes conceitos de postergação são classificados de acordo com o tipo de abordagem de pesquisa utilizada no trabalho (conceitual, empírico, *survey* e experimental).

Dessa forma, com base na evolução do conceito de postergação resumida no Quadro 1, verifica-se, inicialmente, a existência de uma grande variedade de diferentes definições do conceito de postergação. A mudança mais evidente ocorrida na definição do conceito de postergação é que a mesma é considerada atualmente, não mais uma estratégia operacional, mas sim uma estratégia de negócio, onde as atividades da rede logística são adiadas no tempo até o recebimento dos pedidos dos clientes (VAN HOEK, 2001). Além disso, verifica-se também que a grande maioria das definições do conceito de postergação elencadas no Quadro 1, não consideram que as atividades da rede logística ocorrem apenas após o recebimento do pedido do cliente. A análise do Quadro 1 também indica que a grande maioria dos conceitos estão concentrados numa tipologia de postergação, geralmente, a postergação de forma. Chama a atenção também, que a grande maioria das definições do conceito de postergação mostram que os autores não consideram nenhum ou apenas um único ponto de penetração de pedidos (OPP's). Por fim, verifica-se que em relação ao método de pesquisa utilizados, a grande maioria os conceitos de postergação resumidos no Quadro 1 são de natureza conceitual, sendo alguns poucos de natureza empírica.

Além da análise da evolução do escopo e da definição do conceito de postergação, é importante também entender que as pesquisas sobre o conceito de postergação sempre envolveram diferentes visões, sendo cada uma delas discutida na próxima seção.

2.2.2 As Diferentes Visões do Conceito de Postergação

As pesquisas sobre a aplicação da estratégia de postergação sempre envolveram visões diferentes. A primeira linha de pesquisa, Postergação baseada em mudanças nos produtos, na sequência dos processos ou na estrutura da rede logística, busca mudar o projeto do produto, a sequência de atividades executadas e a estrutura da rede logística, para atrasar a configuração final do produto ao longo da cadeia de suprimentos, também conhecida como postergação de forma (produção). Uma segunda linha de pesquisa, postergação baseada na localização de inventário na rede logística, tem como foco atrasar a movimentação do produto para o último momento possível do tempo ou achar a melhor localização para posicionar o estoque ao longo da cadeia

de suprimentos, denominada postergação de lugar (logística). A terceira linha de pesquisa, cujo o foco é atrasar para o mais tarde possível no tempo às atividades de diferenciação dos produtos em termos de forma, identidade ou lugar, considera que as estratégias de postergação podem ser utilizadas sem que seja necessário fazer mudanças no projeto do produto, na sequência das atividades e na estrutura da rede logística, denominada postergação de tempo. Essas visões resultaram em três linhas de pesquisas distintas sobre postergação: (1) postergação baseada em mudanças nos produtos, nos processos ou estrutura da rede logística; (2) postergação baseada na localização espacial de inventários; e (3) postergação baseada no adiamento da realização das atividades e/ou decisão no tempo, conforme resumido no quadro 2.

Quadro 2 – Diferentes visões do conceito de postergação

VISÕES DA POSTERGAÇÃO	AUTORES
(1) Postergação baseada em mudanças nos produtos, na sequência dos processos ou na estrutura da rede logística.	ALDERSON (1950); LEE e BILLINGTON, (1994); LEE (1993); FEITZINGER e LEE (1997); PUGH e COOPER (1998)
(2) Postergação baseada na localização de inventário na rede logística.	DAVIS (1994); SHAPIRO (1994); ZINN e BOWERSOX (1988)
(3) Postergação baseada no adiamento de decisões e/ou realização das atividades no tempo na rede logística.	BUCKLIN (1965); BOWERSOX, CLOSS e COOPER (1996); VAN HOEK (2001); GARCIA-DETUGUE e LAMBERT (2007);

Fonte: Autor

A primeira visão da postergação está baseada na mudança no projeto dos produtos, na sequência dos processos e na estrutura da rede logística (postergação de forma), e tem sido a mais estudada (LEE e BILLINGTON, 1994; VAN HOEK, 1998; LEE, 2002; GARCIA-DESTUGUE e LAMBERT, 2007). Nesse contexto, a implantação de estratégias de postergação afeta a estrutura da rede logística, uma vez que as atividades postergadas serão mais susceptíveis de serem localizadas mais perto do tempo e do lugar de consumo (VAN HOEK, COMMANDEUR e VOS, 1998). Consequentemente, esses efeitos podem ser refletidos no projeto de redes logísticas, desde o desenvolvimento do produto, da terceirização logística e a distribuição final dos produtos. Já a segunda visão da postergação está baseada na localização de inventário no canal logístico ou na localização dos pontos de diferenciação (postergação de lugar). Contudo, ambas as visões não são objeto de

discussão, uma vez que o foco desta tese reside na terceira visão, ou seja, no conceito de postergação com base no tempo.

A postergação com base no tempo foi escolhida como foco desta tese, primeiro, porque a grande maioria dos artigos está baseada na primeira visão (postergação de forma). Enquanto a postergação de forma considera que as estratégias de postergação só podem ser implantadas pelas mudanças no projeto do produto, na sequência do processo e/ou na estrutura da rede logística (ALDERSON, 1950; LEE, 1996), a postergação de tempo pode ser utilizada, sem que isso seja necessário. Por exemplo, o trabalho de Alderson (1950) considerou apenas a postergação do tempo em relação ao movimento de inventários, e descreve como mudanças na forma e identidade do produto são alcançadas pela mudança na sequência das atividades. Por sua vez, Bucklin (1965) amplia o conceito de postergação no tempo ao afirmar que tanto as mudanças na forma e na localização dos inventários devem ser adiadas no tempo.

Além das diferentes visões do conceito de postergação, algumas questões relevantes sobre a evolução do conceito devem ser consideradas e discutidas, conforme seção 2.4.3.

2.2.3 Questões Relevantes Sobre o Escopo e a Evolução do Conceito

Após uma análise crítica da evolução do escopo e do conceito de postergação, cinco questões relevantes surgem. Em primeiro lugar, apesar das diferenças conceituais das várias definições de postergação existentes (ver Quadro 1), dois princípios fundamentais podem ser enumerados: (1) realizar alguns processos da rede logística somente após o recebimento dos pedidos dos clientes; e; (2) capturar informações atualizadas de forma a definir e traduzir as necessidades dos clientes em especificações concretas, na forma de produtos e serviços (LEE, 1996; MASON-JONES e TOWILL, 1999; YANG, BURNS e BLACKHOUSE, 2004a). A postergação facilita que os requerimentos do cliente afetem o projeto do produto e os processos de produção e logística, por isso, ele pode ser descrito como um abordagem puxada (SHAPIRO, 1984).

Em segundo lugar, apesar da seleção da estratégia de postergação estar diretamente relacionada a posição do ponto de penetração do pedido (OPP) na rede (VAN HOEK, 200; YANG, BURNS e BLACKHOUSE, 2004a), a grande maioria da bibliografia consultada trata o tema de forma separada, e não considera nenhum ou considera a existência de apenas um ponto de penetração de pedido (OPP) na rede logística. Todavia, na

prática, os produtos são formados, geralmente, por diversas partes; assim, existem múltiplos pontos de penetração de pedidos (OPP) espalhados ao longo da rede logística (YANG, BURNS e BLACKHOUSE, 2004a; SUN, SUN e WANG, 2008).

Em terceiro lugar, o desenvolvimento do conceito demonstrou uma forte característica dualista das abordagens utilizadas. A análise da evolução do conceito indicou que os trabalhos são limitados em usar ou não usar algum tipo de postergação, ou seja, um estágio da rede usa e o outro estágio não usa a postergação. Além disso, os indicadores de desempenho estão focados apenas no sistema de controle de inventários e em seus custos e nível de serviço.

Uma quarta questão que surge é que a grande maioria da pesquisa tem foco interno da aplicação da postergação ou numa relação do tipo cliente fornecedor. Entretanto, a partir da década de 1990, o desenvolvimento de estratégias de postergação foi expandido para uma perspectiva da rede logística total (CHRISTOPHER, 1992; FEITZINGER e LEE, 1997; PUGH e COOPER, 1998; VAN HOEK, 2001; YANG e BURNS, 2003). Ainda, devido ao intenso foco na literatura, muitos trabalhos consideram que a postergação é sinônimo apenas da produção, e a mesma está relacionada a uma estratégia de manufatura sob pedido (BTO) ou montagem sob pedido (ATO), enquanto uma abordagem de especulação está relacionada a uma estratégia de manufatura para estoque (BTS). Entretanto, essa visão não considera o fato de que alguns produtos são mais demandados que os outros, e que por isso, as empresas precisam ter estratégias diferenciadas para cada tipo de produto (FISHER, 1997). Nesse sentido, assim como os produtos, as empresas devem ter um portfólio de estratégias de manufatura, e, no ambiente competitivo atual, precisam de um portfólio de estratégias de redes logísticas (THOMAS, 2012).

Uma quinta questão que surge é sobre como selecionar e implementar a postergação, sem mudanças nos produtos, na sequência dos processos e na estrutura da rede logística. Resposta a essa questão é: através da postergação de tempo. Na postergação de tempo algumas organizações podem adiar as atividades da rede logística, como a decisão de movimentar o inventário, mantendo-o no fornecedor, ou adiando a decisão de quanto e quando comprar, fabricar, montar, embalar ou distribuir os produtos. Ao contrário, com a estratégia da especulação, as organizações podem decidir em manter o estoque em posições mais próximas do mercado consumidor (BUCKLIN, 1965; ZINN e BOWERSOX, 1988; BOWERSOX, CLOSS e COOPER, 2006) para garantir um pronto atendimento aos clientes.

Porém, verificou-se ainda que, a grande maioria dos trabalhos são de natureza conceitual (ver Quadro 4), sendo uma pequena parcela deles de natureza empírica (LEE e BILLINGTON, 1994; BROW, LEE e PETRAKIAN, 2000; GARCIA-DESTUGUE e LAMBERT, 2007). Todavia, a grande maioria dos trabalhos analisados não seguem o princípio postergação-especulação proposto por BUCKLIN (1965), e muitos focam apenas em alguns tipos de postergação, como a postergação de forma, ou ainda em partes da rede logística, como a produção e no canal de distribuição (ver Figura 14).

Considerando o acima exposto, e também, devido a diversidade de conceitos de postergação existentes, é importante que o conceito de postergação no tempo em redes logísticas seja desenvolvido para que sirva de guia para esta tese.

Postergação é uma estratégia de negócios onde alguns processos da rede logística são adiados no tempo até o recebimento do pedido do cliente, de forma a alcançar um equilíbrio entre uma alta eficácia (prazo) e eficiência (custos), sem, contudo, comprometer o nível de serviço. (Autor)

Essa definição do conceito de postergação, considera, primeiro, que a postergação é uma estratégia de negócio e não apenas mais uma estratégia operacional da rede logística. Assim, a estratégia de postergação é a base do modelo de negócio da organização (Por exemplo: Dell). Em segundo lugar, a definição indica que seu foco é atrasar a realização de alguns processos da rede logística no tempo, sendo direcionada pelo atendimento das necessidades específicas dos clientes. Por fim, essa definição também considera que a postergação busca atingir ao mesmo tempo um alto desempenho logístico (ex.: prazo de entrega curto, customização e variedade de produtos) e uma alta eficiência em custos (ex.: baixos custos total) de forma a aumentar a competitividade da rede logística, sem comprometer o nível de serviço oferecido ao cliente. Entretanto, deve-se fazer isso de forma equilibrada, ou seja, usando o conceito postergação-especulação.

Além do conceito e suas questões relevantes discutidas acima, também é importante apresentar e discutir as diferentes tipologias de postergação encontradas na literatura.

2.2.4 Tipologias de Postergação

Um grande número de fatores, incluindo proliferação e customização de produtos e o aumento do nível de serviço exigido pelos clientes no ambiente competitivo atual, têm levado muitas empresas a adotar a postergação em redes logísticas (GRAMAN, 2009). Conforme definido, o conceito de postergação a ser usado nesta tese, está baseado no adiamento das atividades no tempo, e, refere-se ao atraso intencional de atividades, para um momento posterior ao recebimento dos pedidos dos clientes. De forma geral, existem três estratégias clássicas de postergação que podem ser utilizadas na postergação das atividades (processos) no tempo: (1) postergação de forma; (2) postergação de tempo; e (3) postergação de lugar.

Postergação de forma significa atrasar a finalização do produto até os pedidos dos clientes serem recebidos (VAN HOEK, 2001; SIMCHI-LEVI, SIMCHI-LEVI e KAMINSKI, 2003). A postergação de forma (adiamento da determinação do valor de forma ou função) concentra-se na forma do produto, movimentando itens inacabados ao longo da rede logística, visando à sua consolidação e montagem, antes da entrega ao consumidor final (BOWERSOX e CLOSS, 2001, p. 34). Zinn e Bowersox (1988) identificaram quatro tipos de estratégias de postergação relacionadas com a forma do produto: (1) etiquetagem; (2) embalagem; (3) montagem; e (4) manufatura.

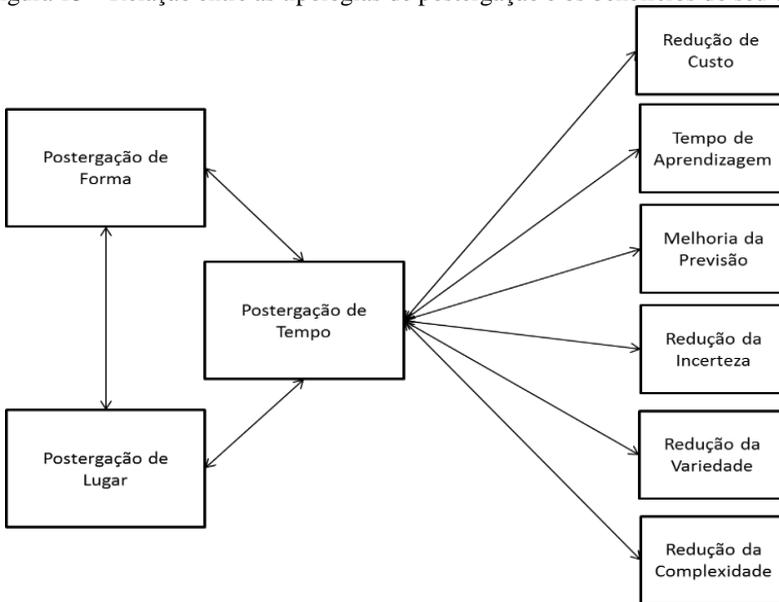
Por sua vez, a postergação de tempo pode ser definida como “adiar atividades e decisões no tempo até que os pedidos dos clientes sejam recebidos” (GARCIA-DESTUGUE e LAMBERT, 2007). Dessa forma, na postergação de tempo, ocorre o adiamento da determinação do valor de tempo, e, por isso, considera-se que a postergação de tempo pode ocorrer de duas formas distintas: (1) postergar as atividades no tempo (ex.: postergar a customização do produto ou a distribuição do produto); e (2) postergar as decisões no tempo (ex.: postergar a definição do preço de venda de um produto ou postergar o envio de um pedido de compra ao fornecedor) (YANG, BURNS e BLACKHOUSE, 2004b; GARCIA_DESTUGUE e LAMBERT, 2007). Por exemplo, manter produtos acabados em local central e postergar a distribuição pelo adiamento da movimentação dos produtos no tempo, para responder rapidamente aos pedidos recebidos dos clientes (ZINN e BOWERSOX, 1988; BOWERSOX e CLOSS, 2001). Entretanto, a estocagem de produtos acabados em lugar central também está relacionada à postergação de lugar.

A postergação de lugar tem como foco identificar a melhor localização dos estoques ou a localização na rede logística para realizar a postergação (adiamento da determinação do valor de lugar). Um exemplo é a estocagem de produtos acabados em um local central e responder rapidamente quando é recebido o pedido do cliente (ZINN e BOWERSOX, 1988; BOWERSOX e CLOSS, 2001), mas, também poderia se identificar em qual elo da rede embalar ou montar um produto (LEE e BILLINGTON, 1993; VAN HOEK, 1998). Entretanto, de acordo com Van Hoek (2001), a postergação não está preocupada apenas em decidir em que nível da rede pode ser aplicado, mas também é importante qual o grau ele é aplicado.

Porém, na prática, essas três tipologias clássicas de postergação não são, geralmente, utilizadas de maneira pura, mas como um mix de estratégias de postergação (PAGH e COOPER, 1998). Como resultado das diversas combinações possíveis dessas formas de postergação, uma empresa industrial, levando em consideração os diferentes aspectos da operação, pode “aplicar as estratégias de postergação de maneira integral ou parcial (PAGH e COOPER, 1998; YANG, BURNS e BLACKHOUSE, 2004a). Isso é importante porque existe uma forte relação entre as três tipologias de postergação (forma, tempo e lugar) e os benefícios com a utilização de um mix de estratégias de postergação. As três tipologias clássicas de postergação (forma, tempo e lugar) ilustradas na Figura 14 são complementares e se influenciam mutuamente. Assim, adiar mudanças na forma (postergação de forma) e no lugar (postergação de lugar), geralmente resulta em realizar as atividades mais tarde no tempo ou perto de quando o cliente fizer um pedido (VAN HOEK, COMMANDEUR e VOS, 1998; YANG, BURNS e BLACKHOUSE, 2003). Por outro lado, adiar no tempo as atividades e/ou decisões (postergação de tempo), também pode afetar o momento da finalização do produto ou onde a mudança na forma do produto (postergação de forma) ocorre, além do ponto na rede logística onde localizar os inventário (postergação de lugar) para reagir rapidamente à demanda dos clientes. Dessa forma, enquanto a postergação de forma está geralmente associada a realizar as atividades de customização do produto no último momento (postergação de tempo) e também no último ponto (postergação de lugar) da rede logística, a postergação de lugar está associada à movimentação dos produtos (postergação de tempo), mas também está associada a realizar as atividades de finalização do produto (postergação de forma) perto dos clientes ou perto do momento em que os clientes fizerem um pedido. Conseqüentemente, as três formas de postergação, geralmente estão associadas aos seguintes benefícios: redução dos custos (LEE e

BILLINGTON, 1994; VAN HOEK, 1998; YANG, BURNS, 2003; YANG, BURNS e BLACKHOUSE, 2004b), redução da incerteza (CHRISTOPHER, 2000; VAN HOEK, 2001; YANG, BURNS, e BACKHOUSE, 2004a; HULT e CRAIGHEAD, 2010), tempo de aprendizagem (YANG, BURNS, e BACKHOUSE, 2004; GARCIA-DESTUGUE e LAMBERT, 2007), redução da proliferação de variedade de produtos (RANDALL e THONEMANN, 2001; VENKATESH e SWAMINATHAN, 2004; BLECKER e ABDELKAFI, 2006; RAMDAS, 2009; STÁBLEIN, HOLWEG e MIEMCZYK, 2011) e a redução da complexidade da rede logística (ZNOU e MILL, 2002; BLECKER e ABDELKAFI, 2006; YANG, YANG e WINJGAARD, 2007; YANG e YANG, 2010). A Figura 15 resume a relação entre as tipologias de postergação e os benefícios do seu uso.

Figura 15 – Relação entre as tipologias de postergação e os benefícios do seu uso



Fonte: Autor

Além das tipologias clássicas de postergação (forma, tempo e lugar), nos últimos anos foram desenvolvidas uma grande variedade de novas tipologias de postergação, entre elas: postergação de preço, postergação de produto, postergação de processo, postergação de

desenvolvimento de produto, postergação de compras, postergação puxada, postergação de saída, postergação de entrada, etc. De forma geral, a variedade de tipologias existentes atualmente indicam que as estratégias de postergação podem ser aplicadas em qualquer ponto ou processo da rede logística, após o recebimento dos pedidos dos clientes.

Assim, diante da grande variedade de tipologias de postergação existentes também é necessário definir um conjunto limitado de estratégias de postergação para serem usadas como guia nesta tese. Portanto, as tipologias utilizadas no constructo da tese (ver Figura 25) foram baseadas em cinco tipologias propostas por Boone, Craighead e Hanna (2007). O Quadro 3 apresenta um resumo com as tipologias de postergação utilizadas nesta tese e sua relação com os tipos clássicos de postergação (forma, tempo e lugar).

Quadro 3 – Novas Tipologias de Postergação

Autor	Tempo	Lugar	Forma
1) Postergação de preço	X		
2) Postergação logística	X	X	
3) Postergação da produção	X	X	X
4) Postergação de compras	X	X	
5) Postergação desenvolvimento de produtos	X		X

Fonte: Autor

Cada uma das cinco tipologias utilizadas na tese é apresentada e discutida a seguir.

Postergação do preço significa "adiar a decisão de preços até que a incerteza da demanda seja resolvida" (VAN MIEGHEM e DADA 1999, p.1632). O preço, portanto, não está definido antes, mas depois da produção, resultando em uma "estratégia de fazer para estoque com uma flexibilidade de preço *ex-post*" (VAN MIEGHEM e DADA 1999, p.1632). O preço pode ser ajustado de acordo com a aquisição da informação da demanda, que não estava disponível antes da produção. Essa estratégia pode ter uma grande influência sobre a receita total, devido ao fato de que os produtos tendem a serem vendidos ao mais alto preço que o cliente está disposto a pagar. De acordo com Granot e Yin (2008), a postergação do preço sempre ocorre quando "o cliente ainda tem a opção de negociar o preço". Um exemplo é quando "os fabricantes de automóveis adiam as decisões de preços através da negociação no momento da venda com um cliente" (VAN MIEGHEM e DADA 1999). Além disso, Van Mieghem e Dada (1999) argumentam que uma empresa pode também "adiar a decisão de preços para influenciar o preço de

equilíbrio de mercado, o preço pelo qual a oferta é igual à demanda.” No setor agrícola, a capacidade é definida durante a colheita. O preço pode, assim, ser aumentado, trazendo apenas uma parte da colheita para o mercado. Um desafio é, no entanto, que mesmo embora a postergação do preço possa ser benéfica para o comprador, “a participação nos lucros pode vir a ser complicado e não favorável para uma relação de negócios em andamento devido à extensa negociação” (GRANOT e YIN 2008). Uma forma sofisticada de adiamento de preço é feita “pela gestão do rendimento, que é uma técnica de fixação de preços, originalmente introduzida pelas companhias aéreas” (BILLER, MURIEL e ZHANG, 2006). Nessa abordagem, o preço é ajustado assim que novas informações demanda estão disponíveis. Hoje em dia, essa técnica também é empregada em outras empresas, tais como aluguel de carros, empresas de moda ou hotéis, ou seja, no setor de serviços. Porém, a postergação do preço “deve ser aplicada com cuidado, pois a incerteza de preços pode alienar os clientes” (BILLER, MURIEL e ZHANG, 2006). Além da postergação de preço, esta tese também considera a postergação de logística.

O princípio da postergação da logística pode ser mais bem descrito pelo uso de distribuição direta de produtos acabados de uma localização central (PAGH e COOPER, 1998). Essa estratégia é claramente baseada na combinação de postergação de lugar e postergação tempo (BOWESOX, CLOSS e COOPER, 2006; VAN HOEK, 1998). Assim, a postergação logística pode significar manter inventário acabado em um local central, antes que seja entregue ao cliente final ou o reposicionamento do processo de manufatura final do produto mais próximo do cliente final, onde ocorre a customização final do produto no nível do distribuidor local, de acordo com as preferências dos clientes e antes que seja entregue ao cliente final (YANG, BURNS e BLACKHOUSE, 2004b). Bowersox, Closs e Cooper (2006, p.563) apontam também que a postergação da logística fornece flexibilidade de posicionamento do inventário da rede, aliviando a necessidade de manutenção de inventário para à frente. Assim, a postergação da logística permite o transporte de quantidades exatas de produtos a partir de uma central de local para satisfazer necessidades específicas do cliente (BOWERSOX, CLOSS e COOPER, 2006). Pagh e Cooper (1998) consideram que esta estratégia aumenta as entregas no prazo, encurta os prazos de entrega, melhora a confiabilidade, reduz o custo de inventário, e permite uma introdução mais rápida de novos produtos. Todavia, essa estratégia de postergação é adequada para produtos que tem alto custo de estoque e baixos custos de transporte, uma vez que a postergação da

logística requer na maioria dos casos um sistema de transporte mais rápido e mais responsivo (BOWERSOX, CLOSS, 1996; YANG et al., 2004). Por isso, a postergação de logística pode resultar em um aumento significativo nos custos de transporte, sendo, portanto, apenas relevante quando os produtos são mais sensíveis ao custo de inventário do que ao custo de transporte, pois a postergação no tempo geralmente atrasa o avanço de inventário (VAN HOEK, 2001, p.161). Outra tipologia tão comum e importante quanto à postergação logística é a postergação da produção.

A postergação da produção, também conhecida como postergação da fabricação, postergação da forma ou diferenciação adiada, concentra-se em “adiar a diferenciação do produto” (ALDERSON, 1950; BUCKLIN, 1965; ZINN e BOWERSOX, 1988; BOWERSOX, CLOSS e COOPER, 2006). O foco é na forma do produto, e por isso mover itens inacabados para a frente do sistema logístico para modificação segundo as preferências do cliente (BOWERSOX e CLOSS, 2001). Este tipo de postergação inclui o adiamento dos processos de produção, e isso resulta em uma “capacidade de resposta mais rápida e menor estoque de produtos acabados” (ZINN e BOWERSOX, 1988; BOWERSOX, CLOSS e COOPER, 2006). Esses autores identificaram quatro tipos de estratégia de postergação de forma:

- **Postergação de Etiquetagem:** esta estratégia é eficaz para empresas que comercializam um produto sob duas ou mais marcas. Os produtos são armazenados sem qualquer rótulo ou etiqueta que identifiquem sua marca. Estas só são afixadas mediante a chegada de um pedido de cliente especificando a marca desejada;
- **Postergação de embalagem:** é viável para produtos vendidos em embalagem de diferentes tamanhos. Segundo o autor, a economia será ainda maior, caso seja viável o transporte dos produtos a granel;
- **Postergação de montagem:** neste caso, não só a operação de embalagem, mas a atividade de montagem é retardada, até que a empresa receba o pedido do cliente. Isso é possível quando um produto básico é vendido em configurações diferentes, mas semelhantes, que refletem as preferências individuais dos clientes. A possibilidade da aplicação deste tipo de postergação cresce, quando a metragem cúbica do produto é

significativamente reduzida na operação de transporte;

- **Postergação de fabricação:** neste caso, a fabricação só é concluída após o recebimento de um pedido do cliente. A justificativa econômica fundamental é o transporte e armazenagem de materiais que estão disponíveis em qualquer lugar, o que faz com que apenas quantidades negligenciadas precisem ser estocadas.

Porém, se é importante estar perto do cliente, o que significa que a capacidade de resposta rápida ao longo da linha de produtos é importante, a postergação da produção é benéfica (PAGH e COOPER, 1998). Van Hoek (2001) indica que assim como a postergação da logística, a postergação da produção também é baseada em tempo e no lugar do adiamento. Dessa forma, inventários de componentes são mantidos em uma instalação central de produção (postergação de lugar), que por sua vez é utilizado para a finalização do produto com base nos pedidos dos clientes, para em seguida, ser enviado para o cliente ou para um centro de distribuição (postergação de tempo). Por isso, “uma grande variedade de produto pode ser conseguida com uma pequena quantidade de produtos com bases genéricas” (LEE e TANG, 1997), uma vez que as previsões são mais precisas no nível do componente, do que no nível de produto acabado, e as previsões de demanda são menos propensas a erros (YANG, BURNS e BLACKHOUSE, 2004b). Além disso, Pagh e Cooper (1998) indicam que essa estrutura genérica do produto vai conseguir, também, uma substancial redução do inventário, porque são produtos diferentes usando o mesmo componente base, sem prejudicar a variedade de produtos oferecidos ao cliente. No entanto, não deve ser negligenciado que o processamento de pedidos dos clientes pode aumentar em complexidade graças ao atraso do processo de diferenciação, e que os custos associados com a coordenação podem aumentar (PAGH e COOPER, 1998). Da mesma forma, a postergação da produção só vai ser apropriada se nenhuma capacidade de produção especializada ou economias de escala altamente restritivas forem necessárias (PAGH e COOPER, 1998). Assim, um “equilíbrio entre o sacrifício potencial que os clientes fazem e capacidade da empresa para produzir produtos individualizados dentro de um tempo e estrutura de custos aceitável tem de ser encontrada” (YANG, BURNS e BLACKHOUSE, 2004b, p.1058). Outra tipologia usada nesta tese está relacionada à postergação de compras, apresentada e discutida a seguir.

A estratégia denominada postergação de compra busca suspender a compra de determinados insumos, enquanto possível (YANG, BURNS E BLACKHOUSE, 2004b, p.1054). Nesse caso, a compra de matéria-prima é adiada até a informação da demanda estar disponível. Esses autores consideram que o objetivo da postergação de compras é atrasar a propriedade de inventário caro, especialmente em situações de rápida obsolescência, como “materiais caros e frágeis que vêm em muitos tamanhos e formas” (YANG, BURNS e BLACKHOUSE, 2004b, p.1055). Segundo eles, isso pode ser conseguido através da postergação de tempo e/ou lugar. A postergação de compras deve ser usada quando o prazo de entrega aceito pelo cliente é maior do que o lead time de produção mais o *lead time* de fornecimento (Yang et al., 2004). Dessa forma, os materiais são armazenados nas instalações do fornecedor até que um pedido é feito (postergação de tempo) ou até que a data e local de entrega acordada (postergação de lugar). De forma geral, os componentes base, são caracterizados pela demanda relativamente estável, e podem, geralmente, ser encomendados em resposta a um horizonte mais longo de previsão (baseado em planejamento). Porém, esta estratégia de postergação deve ser suportada por ter fornecedores ou seus centros de distribuição próximos ao fabricante, e aqueles componentes que apresentam um maior grau de incerteza de suprimento, podem ser atrasados para o último momento no tempo, quando as informações de demanda estão disponíveis (YANG, BURNS e BLACKHOUSE, 2004b).

Outra razão para se envolver nesse tipo de postergação é para se “beneficiar a diminuição dos preços dos componentes e com isso reduzir os custos de material, sendo que, no entanto, o deslocamento de propriedade inventário tem de ser levado em conta” (YANG, BURNS e BLACKHOUSE, 2004b). Assim, nesse tipo de estratégia de postergação é crucial se engajar em um alto nível de cooperação com os fornecedores (por exemplo: parcerias estratégicas) a fim de garantir entregas programadas e confiáveis (YANG, BURNS e BLACKHOUSE, 2004b).

Um tipo relativamente novo de postergação considerado nesta tese, está relacionado com a postergação do desenvolvimento de produtos. Nas fases iniciais de um projeto de desenvolvimento de produtos, informações detalhadas sobre os atributos do produto podem não estar disponíveis (YANG, BURNS e BLACKHOUSE, 2004b), por exemplo, devido à incerteza das preferências dos clientes e novas tecnologias. A postergação do desenvolvimento de produtos retarda o momento do projeto de componentes críticos, até uma melhor informação ser obtida, possibilitando melhorias no projeto do produto ou reduções de custos de

produção, ou seja, a informação é o motor dessa estratégia (YANG, BURNS, 2003).

Em alguns mercados em que o processo de desenvolvimento de produto pode ser estendido para mudar rapidamente: fazer um pouco, vender um pouco, se adaptar um pouco; fazer um pouco, vender um pouco e se adaptar um pouco, e assim por diante, a fim de se adaptar às mudanças rapidamente, com base nas informações e necessidades do mercado (MULLINS e SUTHERLAND, 1998). Assim, a postergação do desenvolvimento de produtos resulta em um processo de desenvolvimento incremental, onde especificação e estruturação de tarefas de projeto são essenciais (YANG, BURNS e BLACKHOUSE, 2004b). Contudo, a postergação do desenvolvimento de produtos pode implicar também em adiar os processos de desenvolvimento interno ou externo, relacionados à cooperação com os fornecedores. Em ambos os casos, uma estreita cooperação com os fornecedores é essencial para assegurar o fornecimento de peças ou materiais apropriados. Geralmente, a adoção de estratégias de postergação pode ser limitada pela falta de flexibilidade do fornecedor.

Após apresentar e discutir os cinco tipos de estratégias de postergação utilizados na tese (ver Quadro 3), é preciso entender e investigar os limites do uso das estratégias de postergação no contexto de redes logísticas industriais.

2.2.5 Limites do Uso de Postergação

Apesar de poder e dever ser aplicada em toda a rede logística, existem alguns fatores que limitam o uso da postergação. Esses fatores incluem restrições, tais como, *lead time* de produção, economia de escala e serviço ao cliente, que limitam a aplicação do princípio (BUCKLIN, 1965). Esse autor formalizou os limites da postergação ao propor o princípio da especulação, uma vez que esse princípio é a antítese da postergação, ou seja, mudanças na forma e localização dos inventários devem ser realizadas de forma antecipada aos pedidos dos clientes. Os fatores limitadores apresentados no Quadro 4, indicam que a postergação pode não ser uma boa estratégia para todo tipo de empresa, ou seja, em “certas circunstâncias a especulação pode ser uma alternativa melhor que a postergação” (ZINN e LEVY, 1988). Existe uma série de condições ambientais, mercadológicas e operacionais, cuja presença é obrigatória para viabilizar a adoção das estratégias de postergação (SAMPAIO e CSILLAG, 2010). Assim, a organização precisa ter condições mínimas de estrutura, infraestrutura e relacionamento inter-organizacional para a

Quadro 4 – Fatores limitadores da utilização de estratégias de postergação

Fatores Limitadores	Descrição	Exemplo
Econômicos	Fatores de natureza econômica podem limitar a utilização de estratégias de postergação na rede logística.	A necessidade de economia de escala na produção e distribuição é um fator que pode limitar a adoção de postergação na rede logística.
Estratégicos	Fatores de natureza estratégica podem limitar a utilização de estratégias de postergação na rede logística.	A estratégia comercial adotada precisa manter um alto nível de disponibilidade de inventário no canal para evitar a perda de fatias de mercado, o que limita o uso de estratégias de postergação.
Jurídico	Fatores de natureza jurídica como regulamentação e controle por agências governamentais também podem limitar a utilização de estratégias de postergação na rede logística.	Alguns produtos são regulamentados e controlados por órgãos governamentais, que exigem um prazo para a realização de testes antes da liberação para venda do produto.
Técnicos	Fatores de natureza técnica operacionais com a complexidade ou um longo tempo do processo de fabricação ou transporte podem limitar a utilização de estratégias de postergação na rede logística.	Alguns fabricantes de máquinas compram a chapa de aço na China devido ao preço competitivo. Entretanto, o tempo de entrega do pedido é de aproximadamente 90 dias. Devido ao longo tempo de entrega a empresa não pode adiar a compra da matéria-prima.
Culturais	Fatores de natureza cultural como nível de conhecimento e relacionamento com os clientes e fornecedores podem limitar a utilização de estratégias de postergação na rede logística.	A falta de integração com os fornecedores, não permite o compartilhamento de informações e a melhoria dos processos e da coordenação da rede logística. A falta de conhecimento técnico sobre as estratégias de postergação em redes logísticas.

Fonte: Autor

implementação dessa estratégia. Entre esses fatores estão incluídos: (1) econômicos; (2) estratégicos; (3) jurídicos; (4) técnicos; e (5) culturais; sendo que cada um desses fatores é apresentado e discutido conforme descrito no Quadro 4. Em termos práticos, isso significa que a organização precisa ter condições mínimas de estrutura, infraestrutura e relacionamento inter-organizacional para a implementação dessa estratégia.

Entretanto, além dos fatores limitadores indicados no Quadro 4, outros fatores importantes foram identificados recentemente, como o desenvolvimento da tecnologia da informação e telecomunicações, que tem possibilitado o estabelecimento de relacionamentos muito mais próximos entre fabricantes, fornecedores e consumidores. A adoção de estratégias de postergação em redes logísticas foi viabilizada, em grande parte, pela maior capacidade de processar, transmitir e entregar os pedidos, com alto grau de precisão e rapidez (BOWERSEX e CLOSS, 1996; VAN HOEK, VOS e COMMANDEUR, 1998).

Também são importantes aspectos culturais e inter-organizacionais, uma vez que a adoção da postergação não depende só das condições técnicas operacionais, mas depende, em grande parte da transformação das relações entre empresas (SAMPAIO e CSILLAG, 2010). Trabalhos recentes indicam que existe uma série de condições ambientais, mercadológicas e operacionais, cuja presença é obrigatória para viabilizar a adoção das estratégias de postergação (SAMPAIO e CSILLAG, 2010). Além disso, a adoção de estratégias de postergação está associada ao grau de concorrência do mercado (KISPERSKA-MORON e SWIERCZEK, 2010). Dessa forma, os ambientes mais competitivos são mais propícios à adoção da postergação (SAMPAIO e CSILLAG, 2010), enquanto ambientes menos competitivos propiciam a especulação.

Além dos limites de sua aplicação, um conceito importante que está relacionado diretamente com a seleção de estratégias de postergação é o conceito de ponto de penetração de pedido ou simplesmente OPP.

2.2.6 Ponto de Penetração do Pedido (OPP)

O conceito de ponto de penetração de pedido (OPP) ou *order penetratiom point* (OPP), é de extrema importância quando se aborda o tema seleção de estratégias de postergação, haja vista que a localização do ponto de penetração do pedido (ver Figura 17) é um conceito fundamental para indicar a extensão da aplicação de estratégias de postergação nas redes logísticas (VAN HOEK, 2001; YANG e BURNS,

2003). A postergação tem um “importante papel na gestão de operações e da rede logística, porque identifica onde ocorre a diferenciação do produto e onde o ponto de penetração do pedido (OPP) tem um importante papel” (WINKNER e WONG, 2007, p.144).

Apesar da existência de diferentes nomenclaturas encontradas na literatura, como os acrônimos de *decoupling point* (DP) ou *customer order decoupling point (order penetration point)* (CODP), que podem ser traduzidos, respectivamente, como ponto de desacoplamento (DP) e ponto de entrada do pedido do cliente (CODP), todos têm o mesmo significado. Dessa forma, o OPP pode ser definido como “o ponto da cadeia de valor até onde o consumidor exerce influência direta na produção, ou ainda, é o ponto de separação entre o que é produzido para estoque e o que é produzido sob encomenda” (CHRISTOPHER e TOWILL, 1999; OLHANGER, 2012). Assim, o OPP especifica a posição na rede logística, onde a customização ocorre (LAMPEL e MINTZBERG, 1996). Portanto, todas as atividades na rede logística executadas depois do OPP, são customizadas conforme um pedido específico do consumidor, enquanto atividades na rede logísticas executadas antes do OPP, são padronizadas e dirigidas por previsões (LAMPEL e MINTZBERG, 1996; VAN DONK, 2000; YANG e BURNS, 2003; PIRES, 2004; OLHANGER, 2012).

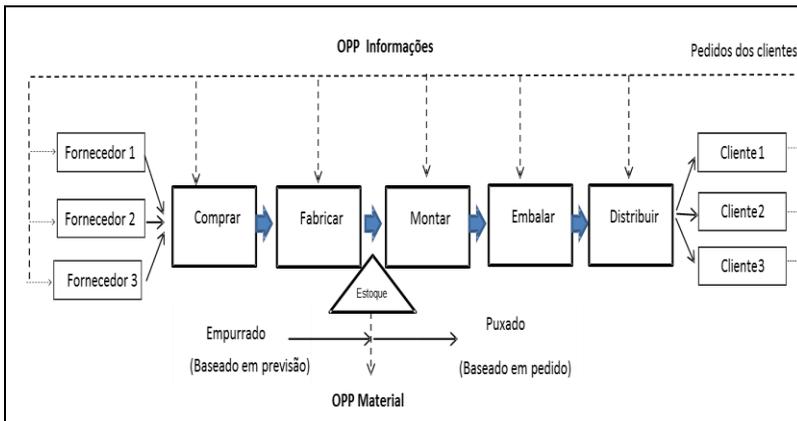
A localização do ponto de penetração do pedido (OPP) “é um fator chave que afeta o projeto e a gestão de uma rede logística e impacta diretamente no seu desempenho” (WINKLER, 2010; OLHAGER, 2012). O OPP também é também o último ponto em que o inventário é mantido (SHARMAN, 1984; HOEKSTRA e ROMME, 1992; OLHANGER, 2012), e, identifica o ponto no fluxo de material em que o produto está ligado a um cliente específico, e, por isso, como regra geral, o OPP coincide com o ponto de estoque mais importante, a partir de onde o processo de pedido do cliente começa. Assim, o inventário no OPP é um ponto de estoque estratégico, uma vez que as promessas de entrega são baseadas na disponibilidade de estoque no ponto de penetração do pedido (OPP), e isso afeta os prazos de entrega e disponibilidade para as atividades direcionadas pelos pedidos de clientes após o OPP (OLHAGER, 2012).

Do ponto de vista da rede logística, “normalmente há um OPP dominante ao longo do fluxo de materiais na cadeia de valor” (SHARMAN, 1984; HOEKSTRA e ROMME, 1992). Nessa perspectiva, o OPP pode ser posicionado dentro de sua fábrica ou pode ser posicionado nas operações dos fornecedores imediatos (ou ainda mais a montante da rede logística), na interface com o fornecedor (estoque de

matéria-prima), na fronteira com os clientes (em algum ponto estoque de produtos acabados), ou mesmo mais próximo dos clientes (OLHANGER, 2012).

Porém, também é necessário se considerar não só um OPP na rede logística, ligado ao fluxo físico de materiais, mas também um segundo OPP ligado ao fluxo de informações. Esses dois tipos de OPP's são ilustrados na Figura 16.

Figura 16 - OPP do fluxo de material e OPP do fluxo de Informação



Fonte: Adaptado de CHISTOPHER e TOWILL (1999)

O OPP de informações sinaliza o ponto até onde a informação da demanda real avança no sentido dos fornecedores da rede logística, sendo que o ideal, é que esse ponto seja localizado o mais próximo possível da fonte primária de matéria-prima, pois isso possibilita uma melhor gestão da rede logística (CHISTOPHER e TOWILL, 1999; WINKNER e RUDBERG, 2005). Ainda, conforme ilustrado na Figura 16, o OPP de materiais divide a rede logística em duas partes distintas, que são a da produção em massa (empurrada para estoque) e da produção customizada (puxada sob pedido). Entretanto, a sua localização e número varia muito de rede para rede. Nota-se também que a Figura 16 ilustra a existência de diferenças operacionais fundamentais entre os processos localizados antes do OPP de materiais e os processos localizados após o OPP de materiais. Mason-Jones et al. (2000) indicam que é necessário fazer uma distinção entre o OPP de materiais para a escolha do tipo de estrutura de redes logísticas, ou seja, redes logísticas *lean* e cadeia de suprimentos ágeis. Assim, uma rede logística *lean* deve ser aplicada nos processos

anteriores ao OPP de materiais, enquanto as cadeias de suprimentos ágeis, respondem melhor se aplicadas nos processos posteriores ao OPP de materiais (MASON-JONES, NAYLOR e TOWILL, 2000).

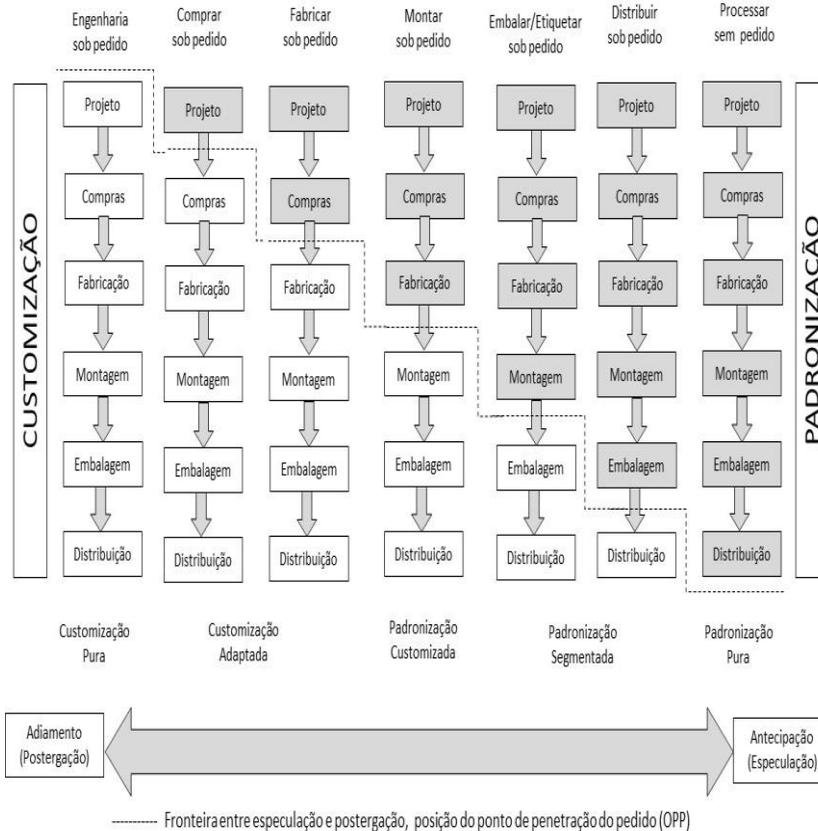
Além disso, outra distinção importante a ser considerada é que o conceito de ponto de diferenciação do produto (postergação) e o ponto de entrada de pedido (OPP) são conceitos diferentes e por isso podem ocorrer em pontos e momentos diferentes da rede logística de forma simultânea (HOEKSTRA e ROMME, 1992; YANG, BURNS E BLACKHOUSE, 2004). Isso é possível porque, “enquanto o ponto de diferenciação do produto (postergação) busca finalizar a configuração do produto o mais próximo do cliente final na cadeia de suprimentos” (VAN HOEK, 2001; YANG, BURNS E BLACKHOUSE, 2004), o OPP, é “um inventário que age como um pulmão entre a interface da demanda e a interface de suprimentos da rede logística.” (HOEKSTRA e ROMME, 1992; MASON-JONES e TOWILL, 1999).

O ponto em que a lógica de controle é alterada (especulação e postergação) é chamado de ponto de penetração de pedidos (OPP), indicado pela linha tracejada na Figura 17. Conforme visto anteriormente, basicamente, “as atividades nas redes logísticas podem ser coordenadas e controladas de acordo com duas filosofias opostas - especulação e postergação” (BUCKLIN, 1965; YANG e BURNS, 2003; DELFMANN, 2000). Por um lado, alguns processos da rede logística podem ser realizados com base na especulação, ou seja, todas as atividades da rede são finalizadas baseadas em planejamento e previsão em antecedência da demanda dos clientes. Nesse caso, o princípio da especulação está intimamente ligado ao conceito de padronização (LAMPEL e MINTZBERG, 1996). Isso significa, que um processo da rede logística pode também ser acionado com base na resposta. Isso significa que todas as atividades da rede logística estão intimamente ligadas aos pedidos dos clientes e como consequência, devem responder às demandas reais dos clientes. Assim conclui-se, que o princípio da postergação está intimamente ligado ao conceito de personalização (LAMPEL e MINTZBERG, 1996). Entre estes dois casos extremos (postergação e especulação), existem um *continuum* de estratégias intermediárias que combinam ambos os princípios (HOEKSTRA e ROMME, 1992; LAMPEL e MINTZBERG, 1996; DELFMANN, 2000; YANG e BURNS, 2003; PIRES, 2004), dependendo do produto, das contingências logísticas e de mercado específicos, conforme descrito na Figura 17.

Devido à ligação sequencial dos processos da cadeia de valor, as atividades podem ser postergadas passo a passo para trás da rede logística. Assim, dependendo de qual processo da rede logística é

postergado, diferentes tipos de postergação podem ser distinguidos (ver Figura 17). A Figura 17 apresenta os vários tipos de postergação, correspondendo aos termos mais utilizados na literatura (ver VAN HOEK, 1998; HOEKSTRA e ROMME, 1992; LAMPEL e MINTZBERG, 1996) e a sua relação com a localização do ponto de penetração de pedido (OPP).

Figuras 17 – Lógicas de controle de redes logísticas



Fonte: Adaptado de DELFMANN (2000. Pag. 47)

O ponto onde as estratégias de especulação e postergação são separadas na rede logística (OPP) é usado para nomear a estratégia de postergação (ver linha tracejada Figura 17), ou seja, da esquerda para a direita, os seis (6) tipos de postergação são: (1) postergação de

desenvolvimento de produto, (2) postergação de compras, (3) postergação de fabricação, (4) postergação de montagem, (5) postergação de embalagem (rotulagem), e (6) postergação logística. Essa classificação também dá uma ideia da relação espacial existente entre o ponto de entrada do pedido (OPP) e as diferentes estratégias de postergação (DELFMANN, 2000; YANG e BURNS, 2003).

Ao aplicar parcialmente o princípio da postergação sobre os processos da rede logística, e, controlar os outros processos com especulação, a rede logística pode ser dividida em dois segmentos: um de natureza antecipatória, planejada e controlada por previsão; e um baseado na resposta rápida e controlado pelos pedidos (MASON-JONES e TOWILL, 1999). Outros autores fazem a mesma distinção entre redes logísticas lean e redes logísticas ágeis (MASON-JONES, NAYLOR e TOWILL, 2000), mas consideram essa distinção com novas denominações: redes logísticas eficientes e redes logísticas responsivas (FISHER, 1997; CHOPRA e MEINDL, 2010).

Porém, como na postergação, algumas características do produto, do processo e do mercado determinam a localização do OPP, e, isso depende, em geral, de dois conjuntos de características (VAN DONK, 2001): (1) características do produto e do mercado; e (2) características de processo e do estoque, conforme descrito no Quadro 5.

Quadro 5 – Características que influenciam na localização do OPP

Características de produto e mercado	Característica de processo e de estoque
Habilidade de entrega	Lead time e custos de etapas no processo
Tempo de entrega exigido	Controle de manufatura e compras
Previsibilidade da demanda	Custos de manutenção de estoque e valor adicionado nos pontos de estoque
Especificidade da demanda	Risco de obsolescência

Fonte: VAN DONK (2001)

Todas as características mencionadas no Quadro 5 influenciam diretamente na localização do OPP. Por exemplo, demandas do mercado regular e previsível, com tempos de entrega longos, forçam a localização do OPP a montante (na direção dos fornecedores), ou seja, fazer sob pedido. Por outro lado, tempos de entrega curtos forçam o OPP mais a jusante (na direção dos clientes), em direção a fazer para estoque (ver Figura 6).

A postergação baseada no tempo concentra-se em encontrar a melhor localização para posicionar os múltiplos pontos de penetração do pedido (OPP), e, por isso, deve incluir todas as atividades e decisões que aumentam o valor do produto, tais como desenvolvimento de produtos, compras, fabricação e logística (GARCIA-DESTUGUE e LAMBERT, 2007). Assim, para esta tese, a localização do OPP na rede logística é utilizada como uma das etapas do método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação.

Após a apresentação e discussão sobre os fundamentos da postergação, na próxima seção (2.3) são apresentados os fatores direcionadores para a adaptação de estratégias de postergação em redes logísticas.

2.3 FATORES DIRECIONADORES PARA A ADAPTAÇÃO DE ESTRATÉGIA DE POSTERGAÇÃO EM REDES LOGÍSTICAS

Alguns estudos analisaram os fatores que afetam a escolha de estratégias de postergação em redes logísticas, entre eles: prazo de entrega, variabilidade de demanda, de ciclo de vida do produto e características do produto (BATTEZATTI e MAGNINI, 2000; AITKEN, CHILDHOUSE e TOWILL, 2003; OLHAGER, 2003; YANG, BURNS E BLACKHOUSE, 2004; YEUNG et al., 2007). Enquanto alguns estudos analisam as implicações de diferentes estratégias de postergação e seus impactos nos custos (PAGH e COOPER, 1998; LEE, 1996; LEE e TANG, 1997) e as implicações na fabricação (SKIPWORTH e HARRISON, 2004), outros estudos analisam o impacto nas estruturas de relacionamento (YEUNG et al., 2007) e as estruturas de poder (KRAJEWSKI, WEI e TANG, 2005), além, é claro, dos diferentes tipos de estruturas das redes logísticas (DORNIER et al., 2000; ERNST e KAMRAD, 2000) para a implementação de estratégias de postergação na rede logística.

Uma primeira etapa para realizar a seleção de estratégias de postergação em redes logísticas, consiste na identificação dos tipos de estratégias de postergação, mais viáveis às características operacionais da rede logística e do mercado, bem como da análise dos produtos mais adequados para se adotar as diferentes tipologias de postergação, consideradas nesta tese (ver Quadro 3). As estruturas de decisão e análise propostas por VAN HOEK (1997), PAGH e COOPER (1998) E WINKNER e WONG (2007) e KISPERSKA-MORON e SWIERCZEK (2010), auxiliaram nessa etapa (ver seção 2.3.1 a 2.3.4).

2.3.1 Abordagem VAN HOEK

Para VAN HOEK (1997), o mais importante “é adotar o tipo de postergação mais adequado às características de cada empresa.” O estudo sobre as aplicações da postergação de produção é uma combinação de postergação de forma, tempo e lugar, e, envolve o processamento final dos produtos de base genérica em locais centrais na cadeia de suprimentos, para atender às especificações dos clientes, antes da entrega aos clientes. Van Hoek (1997) elaborou três modelos de decisão que ajudam determinar qual o tipo de postergação deve ser adotado, baseado num conjunto de características operacionais que ajudam a determinar a viabilidade de postergação da fabricação através do modelo de decisão.

Em resumo, baseado nos trabalhos de Zinn e Bowersox (1988) e Cooper (1993), Van Hoek (1997) identifica quatro características operacionais que podem ser distinguidas e classificadas: produto (marca, formulações padrão e periféricos); processo (possibilidade de separação do processo, aumento do valor na manufatura final, aumento do volume ou peso na manufatura final); tecnologia (base tecnológica, modularidade, alto conteúdo tecnológico na manufatura final) e mercado (flutuação de vendas, canais fragmentados, prazo de entrega curto). Para esse autor, essas características podem ser usadas para seleção de sistema de postergação usado. A seguir, outra abordagem para seleção de estratégias de postergação é apresentada.

2.3.2 Abordagem PUGH e COOPER

Pugh e Cooper (1998, p. 24) desenvolveram uma abordagem para a seleção de estratégias de postergação denominado análise do perfil (*Profile Analysis*), conforme o Quadro 6. A ferramenta Análise de Perfil possui quatro estratégias como colunas e os determinantes como linhas (ver Quadro 6), e o seu objetivo é avaliar o alinhamento dos determinantes com uma estratégia de postergação em particular. Segundo esses autores, isso pode ajudar executivos a avaliar qual seria o projeto de redes logísticas ideal para um determinado segmento de mercado: postergação ou especulação. A ferramenta também pode ajudá-los a prever futuras mudanças na estratégia de postergação, quando mudanças nos determinantes forem previstas. Resumindo, os principais fatores e parâmetros, considerados no modelo de Pugh e Cooper (1998), são: produto (estágio do ciclo de vida, volume, estratégia de custo/serviço; tipo de produto, variedade, perfil de valor e densidade monetária); mercado e a demanda (tempo de entrega, frequência de

entrega, nível de instabilidade da demanda); e os processos de manufatura e logística (economia de escala e complexidade da personalização).

Quadro 6 – Análise do perfil

Variáveis Importantes para Tomada de Decisão			Estratégia Genérica			
			Especulação	Postponement Manufatura	Postponement Logístico	Postponement Pleno
Produto	Ciclo de Vida	Estágio	Introdução	Crascimento	Médio/Alto	Mat./Declínio
		Volume	Baixo/Médio	Médio/Alto	Alta	Baixo/Médio
		Estratégia	Serviço	←	→	Custo
	Características do produto	Tipo de produto	Padrão	←	→	Personalizado
		Variedade	Estreita	←	→	Alta
	Valor	Agragação de Valor	Estágio Inicial	←	→	Estágio Final
		Densidade Monetária	Baixa	Baixa	Grande	Alta
Mercado e Demanda	Tempo de Entrega	Curto	←	→	Longo	
	Frequencia de entrega	Alta	←	→	Média/Baixa	
	Previsibilidade demanda	Alta	←	→	Baixa	
Manufatura e Logística	Economia de Escala	Grande	Pequena	Grande	Pequena	
	Complexidade da personalização	Sim	Não	Sim	Não	

Fonte: PAGH e COOPER (1998)

Na próxima seção (ver 2.3.3) é apresentada a abordagem de Winkner e Wong (2007).

2.3.3 Abordagem WINKNER e WONG

Segundo Winkner e Wong (2007), para a maioria das empresas, a adaptação de estratégias de postergação é determinada pela combinação de três fatores e atributos: produto (nível de customização, número de variantes, ponto de diferenciação e nível de componentes comuns), recursos (nível de flexibilidade, flexibilidade de volume e mix, tempo de setup e capacidade) e processos (nível de incerteza, incerteza da demanda no processo direcionador, ponto de penetração do pedido no suprimento físico e ponto de penetração do pedido na mediação da demanda).

2.3.4 Abordagem KISPERSKA-MORON e SWIERCZEK

De acordo com Kisperska-Moron e Swierczek (2010), os principais fatores determinantes para a seleção de estratégias de postergação são: tipo de produto; mercado e demanda; e a estrutura do sistema de manufatura e logística. Na categoria relativa ao tipo de

produto, o estágio do ciclo de vida produto também determina a estratégia de postergação apropriada. Assim, o produto nos dois primeiros estágios (introdução e crescimento) requer concentração no serviço ao cliente; ao contrário, no final dos dois estágios finais do ciclo de vida do produto (maturação e declínio) requer foco na redução de custos. Já a categoria mercado e demanda, é considerada a mais importante por esses autores, uma vez que as necessidades e requisitos dos clientes influencia fortemente a posição da empresa no mercado. Existem muitos elementos do serviço ao cliente que determinam a aplicação de estratégias de postergação, como: prazo e frequência de entrega. Na última categoria, relativa às características dos processos de manufatura e logística, segundo KISPERSKA-MORON e SWIERCZEK (2010), dois fatores parecem ser importantes para a maioria das redes logísticas: necessidade de economia de escala ou a necessidade de conhecimento especial nos processos de manufatura e logística.

Os modelos de Van Hoek (1997), Pagh e Cooper (1998), Winkner e Wong (2007) e Kisperska-Moron e Swierczek (2010), são alguns dos modelos usados para seleção de estratégias de postergação em redes logísticas, e são baseados nas características operacionais da rede. Mas, apesar da grande contribuição desses autores na construção da teoria sobre a postergação, verifica-se que os modelos são limitados a alguns fatores direcionadores e tipos de postergação (Produção e Logística), além de considerarem uma visão limitada à empresa ou em partes da rede logística. A próxima seção apresenta a abordagem usada por Kisperska-Moron e Swierczek (2010).

A seguir serão apresentados os fundamentos da medição e avaliação de desempenho em redes logísticas.

2.4 FUNDAMENTOS DA MEDIÇÃO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE REDES LOGÍSTICAS

A medição e avaliação de desempenho é uma etapa crítica para o projeto e avaliação de qualquer sistema logístico (BEAMON, 1999). A palavra desempenho, pode ser definida como a eficiência e eficácia da ação. Dessa forma, medir o desempenho é definido como “o processo de quantificar a eficiência e a eficácia da ação” (NEELY, ADAMS e CROWE, 2001). Por sua vez, um sistema de medição de desempenho para redes logísticas, pode ser definido como “um sistema balanceado e dinâmico, que permite o suporte ao processo de tomada de decisão, através do recolhimento, elaboração e análise de informações.” (NEELY, ADAMS e CROWE, 2001).

Contudo, para que possa dar suporte ao processo de tomada de decisão, um sistema de medição de desempenho para redes logísticas deve utilizar uma abordagem integrada e possuir três elementos chave: (1) as métricas; (2) o alinhamento dos métodos de medição do desempenho através das empresas da rede logística; e (3) o desenvolvimento de um sistema de medição do desempenho (HOLMBERG, 2000). As métricas (ou indicadores) são as medidas de desempenho usadas para quantificar a eficiência e eficácia de uma ação. A partir de então, é necessário o alinhamento dos métodos de medição do desempenho através das empresas da rede logística e também o desenvolvimento de um sistema de medição de desempenho, formado pelo conjunto de métricas, usado para quantificar a eficiência e eficácia de das ações nos processos da rede logística.

Entretanto, apesar do desenvolvimento e progresso que se tem alcançado nos últimos anos sobre sistemas e modelos para medição do desempenho de redes logísticas, muitas empresas ainda continuam utilizando apenas métricas financeiras tradicionais para medir o seu desempenho (HOLMBERG, 2000; TANGEN, 2005). Além disso, os sistemas de medição de desempenho estão fragmentados ao longo da rede logística, uma vez que a rede logística não é gerenciada como um sistema, mas como vários sistemas de medição de desempenho fragmentados e independentes (HOMLBERG, 2000). Dessa forma, a fim de alcançar a medição de desempenho de toda a rede, uma mudança cultural entre os parceiros de uma rede logística deve ocorrer, uma vez que todos devem deixar de lado as preocupações sobre informações confidenciais (TANGEN, 2005). Além disso, ainda é necessário fazer com que todos os parceiros na rede logística reconheçam, que seu desempenho é realmente medido pelo cliente final, ou seja, através do desempenho total da rede, e não pelo desempenho de suas unidades de negócios individuais (HAUSMAN, 2003).

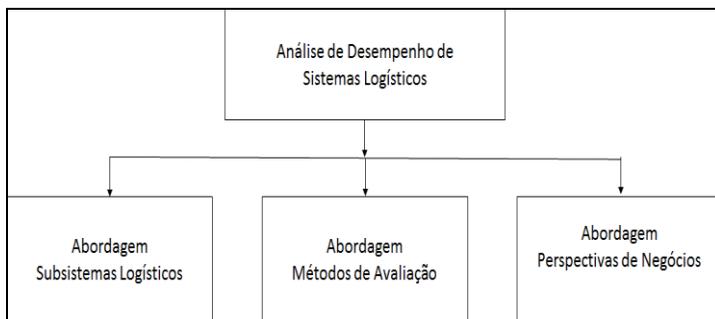
Contudo, atualmente existe também uma necessidade crescente pela integração de aspectos relacionados com meio ambiente, com a pesquisa e a prática do gerenciamento da rede logística (SRIVASTAVA, 2007). Como consequência, além dos custos e prazos de entrega baixos, “as organizações estão sobre intensa pressão para gerenciar suas redes logísticas de maneira mais correta tanto com relação ao aspecto ambiental como no aspecto social.” (GATTORNA et al., 2009).

2.4.1 Indicadores de Desempenho em Redes Logísticas

Correspondendo às diferentes estruturas de redes logísticas, existem vários tipos de sistema para medição e avaliação de desempenho propostos na literatura (BEAMON, 1999; VDI, 2002; GUNASEKARAN et.al, 2004; ARNDT, 2010; WISNER, LEONG e TAN, 2011). Nesse contexto, a escolha e utilização de uma abordagem para a medição e avaliação de desempenho de sistemas logísticos passam inicialmente pela sua estruturação. A Figura 18 mostra as diferentes abordagens que podem ser utilizadas para esse fim.

A primeira abordagem considerada na Figura 18, busca avaliar o desempenho dos subsistemas logísticos – suprimentos, produção e distribuição. Estão incluídos nessa categoria, os modelos *Cambridge Performance Measurement Design Process* (NEELY et al., 1995) e STEWART (1995).

Figura 18 – Abordagens utilizadas para a estruturação da medição e avaliação do desempenho de sistemas logísticos



Fonte: Autor

Já a segunda abordagem (ver Figura 18), é focada nos métodos de avaliação de sistemas logísticos, e pode ser classificada em dois tipos: **(1) Métodos utilizados por outras áreas do conhecimento** - são exemplos desse caso o ABC - *Activity-Based Costing* (JOHNSON e KAPLAN, 1987); SMART - *Strategic Measurement and Reporting Technique* (CROSS e LYNCH, 1988); EVA - *Economic Value Added* (STERN, STEWART III e CHEW, 1995); *Performance Measurement Matrix* (KEEGAN et al., 1989); BSC - *Balanced Score Card* (KAPLAN e NORTON, 1996); *Pyramid Performance* (CROSS e LINCH, 1990);

IPMS - *Integrated Performance Measurement System* (BITITCI, CARRIE e MCDEVITT 1997); *Performance Prism* (NEELY, ADAMS e CROWE, 2001); e (2) **Métodos desenvolvidos por diversos autores e entidades da área** - podem ser utilizados os métodos criados por autores da área como: BALLOU (2001), BEAMON (1999), CHRISTOPHER (2011), LAMBERT E POHLEN (2001), DORNIER et al. (2000), GUNASEKARAN, PATEL e TIRTIROGLU (2001); e também por entidades da área como: *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP) e *Association for Operations Management* (APICS).

Finalmente, a terceira abordagem utiliza a perspectiva do negócio (ver Figura 18), Essa abordagem considera que os negócios podem ser encarados sob duas perspectivas: (1) perspectiva interna; e (2) perspectiva externa. A perspectiva interna busca identificar indicadores relacionados com a eficiência, ou seja, fazer as coisas do jeito certo (otimização dos processos). Essa perspectiva tem no custo, seu principal indicador. Já a perspectiva externa busca identificar indicadores relacionados com a eficácia, ou seja, fazer as coisas certas (ponto de vista dos clientes). Essa perspectiva tem no nível de serviço fornecido ao cliente seu principal indicador. Se incluem nessa categoria BOWERSOX e CLOSS (2001), SCOR (*Supply Chain Council*, 2002) e *Business Performance Measurement* (BPM), entre outros.

Cada uma das abordagens utilizadas para o desenvolvimento de sistemas de medição para a avaliação do desempenho de sistemas logísticos, propõem a utilização de um conjunto de diferentes dimensões e indicadores para medir e avaliar o desempenho desses sistemas, cada um com uma estrutura própria, perspectivas e métricas específicas, conforme ilustrado no Quadro 7.

Apesar da grande diversidade de abordagens desenvolvidas para medição e avaliação de sistemas logísticos apresentada no Quadro 18, existem alguns pontos comuns entre as mesmas, entre eles, o de ter como foco os processos da rede logística (STEWART, 1995, DREYER, 2000; BOWERSOX e CLOSS, 2001; GUNASEKARAN, PATEL e TIRTIROGLU, 2001; LAMBERT e POHLEN, 2001; SCOR, 2002).

Quadro 7– Indicadores de desempenho para redes logísticas

Autor	Dimensões	Indicadores de Desempenho
BEAMON (1999)	<ul style="list-style-type: none"> • Recursos • Outputs • Flexibilidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo total, custo de distribuição, custo de inventário, custo de manufatura, ROI • Nível de serviço, grau de atendimento, faturamento, lucratividade, entrega no prazo, tempo de entrega, disponibilidade do produto • Volume, entrega, mix e novo produto.
DREYER (2000)	<ul style="list-style-type: none"> • Estratégico • Tático • Operacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Acompanhamento do progresso, no longo prazo, da produção da fábrica inteira. • Produção diária por grupo de operadores ou por departamento. • Produção horária por operador.
BOWERSOX e CLOSS (2001)	<ul style="list-style-type: none"> • Qualidade/ Satisfação do cliente • Tempo • Custos • Ativos 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrega na data prometida, custos de garantia, devoluções e descontos • Tempo de ciclo de compras/fabricação, tempo de resposta da cadeia de suprimentos, realização do plano de produção • Produtividade com agregação de valor • Precisão da previsões, utilização da capacidade, Obsolescência do estoque.
LAMBERT e POHLEN (2001)	<ul style="list-style-type: none"> • Financeiros • Não-financeiros 	<ul style="list-style-type: none"> • EVA e Demonstrativo de resultado de cada relação; • Indicadores nos processos-chave da cadeia de suprimentos

Fonte: Autor

Quadro 7 – Indicadores de desempenho para redes logísticas(continuação)

Autor	Dimensões	Indicadores de Desempenho
GUNASEKARA, PATEL e TIRTIROGLU (2001)	<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento de ordens • Parcerias na cadeia de suprimentos • Produção • Distribuição • Serviço e satisfação do cliente • Custos financeiros e logísticos da cadeia de suprimento 	<ul style="list-style-type: none"> • Lead time da ordem • Nível de compartilhamento de informações, melhoria da qualidade, redução de custos • Utilização da capacidade, eficiência da produção, produtividade pessoas • Qualidade da informação, nº notas faturadas corretamente, flexibilidade de distribuição • Flexibilidade, tempo de resposta ao cliente e serviços ao cliente após a transação • Custo logístico total
BREWER e SPEH (2001)	<ul style="list-style-type: none"> • Financeira • Clientes • Processos Internos • Aprendizado e Crescimento 	<ul style="list-style-type: none"> • Margem de lucro, receita, ROI • Índice de qualidade produto, agregação de valor, flexibilidade de volume, flexibilidade de mix • Custo unitário, prazo de entrega, flexibilidade de resposta • Nível de inovação, compartilhamento informações
SCOR SCC (2002)	<ul style="list-style-type: none"> • Clientes • Empresa 	<ul style="list-style-type: none"> • Confiabilidade, responsabilidade e flexibilidade; • Custos e ativos

Fonte: autor

Além dos modelos gerais de sistemas de medição e avaliação de desempenho para redes logísticas, também é importante identificar os sistemas de medição e os indicadores de desempenho para avaliar o impacto da adoção de estratégias de postergação nas redes logísticas.

2.4.2 Indicadores de Desempenho para Postergação

Apesar de diferentes autores proporem diferentes dimensões e medidas de desempenho para avaliar o desempenho de redes logísticas (ver Quadro 7), existem poucos trabalhos que indicam quais são essas dimensões e indicadores de desempenho para avaliar os impactos da estratégia de postergação. A revisão bibliográfica realizada mostrou a falta de sistemas de medição e avaliação de desempenho e poucos trabalhos indicam os indicadores para avaliar a estratégia de postergação.

Após a análise de custo-benefício e resultados obtidos com as estratégias de postergação, alguns trabalhos apresentam alguns indicadores e apontam algumas métricas e abordagens específicas na sua avaliação. Enquanto outros estudos se concentram em processos específicos da rede logística ou em aspectos específicos para a sua medição e avaliação (ZINN e BOWERSOX, 1988; LEE e BILLINGTON, 1994; LEE e TANG, 1997; VAN HOEK, 1998).

Entretanto, apesar da crescente importância e interesse na pesquisa e utilização das estratégias de postergação, após a revisão da literatura, foi identificado apenas um modelo desenvolvido especificamente para medição e avaliação do desempenho da postergação, no contexto das redes logísticas.

Zhang e Tan (2001) propuseram um modelo específico para medir e avaliar o impacto de estratégias de postergação. Eles classificaram as medidas de desempenho para a aplicação da postergação em duas dimensões: 1) internas e 2) externas. A dimensão interna foi subdividida em quatro tipos de medição de desempenho com as suas respectivas métricas: 1) o custo total, 2) custo, 3) atendimento ao cliente, e 4) gestão de ativos. A dimensão externa inclui apenas um atributo de desempenho: 1) custo ambiental. A Tabela 1, mostra as dimensões e medidas de desempenho Zhang e Tan (2001) consideraram por esses autores para medição e avaliação do desempenho de estratégias de postergação em redes logísticas.

Tabela 1 – Medidas de desempenho para postergação

Perspectiva	Dimensão	Métricas
Interna	Custo Total	Custo total
		Custo por unidade
		Custo total como uma percentagem de vendas
	Custos Funcionais	Custo de transporte
		Custo de armazenagem
		Custo no processo de rotulagem
		Custo no processo de empacotamento
		Custo no processo de montagem
		Custo no processo de manufatura
		Processamento de pedidos
		Custo reverso
		Custo de matéria-prima
		Custo de mão de obra
	Serviço ao Cliente	Taxa de entrega
		Taxa de falta de estoque
		Taxa de entrega no tempo
		Tempo de atendimento de pedidos atrasados
		Lead time total
	Gestão de Ativos	Giro de estoques
		Custo de manutenção de estoque
Nível de estoque		
Retorno de investimento		
Retorno de ativos		
Externa	Ambiente	Taxas para o governo local
		Custo de matéria-prima local no produto final
		Custo de mão-de-obra local no produto final

Fonte: Zhang e Tan (2001)

Entretanto, antes de finalizar esse capítulo, é preciso analisar e discutir as formas gerais para a análise de sistemas logísticos e os modelos analíticos e de simulação existentes, para a seleção de estratégias de postergação em redes logísticas.

2.5 FORMAS GERAIS DE ANÁLISE DE SISTEMAS LOGÍSTICOS

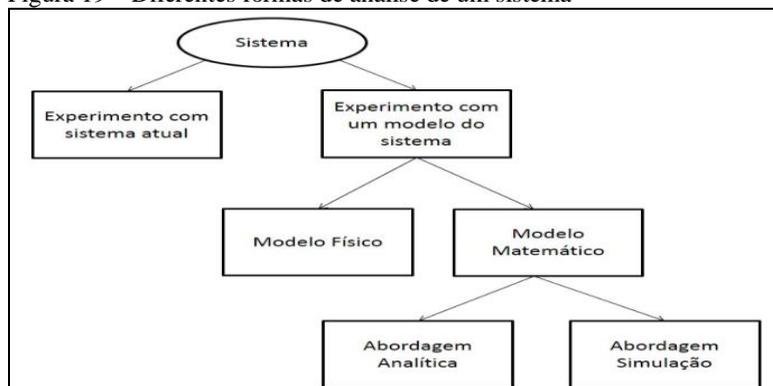
Na definição do VDI (2010), um sistema é considerado como:

Um conjunto de elementos inter-relacionados separados pelo ambiente, o qual é caracterizado por fronteiras, seus elementos, a estrutura sequencial

dentro dos elementos, a composição da estrutura, o estado dos elementos, e o estado transitório dos elementos.

De acordo com o estado transitório dos elementos, um sistema pode ser caracterizado em dois tipos: discreto e contínuo. Um sistema discreto é aquele em que o estado das variáveis mudam instantaneamente em pontos separados do tempo; enquanto um sistema contínuo é aquele onde as variáveis de estado mudam continuamente em relação ao tempo (LAW e KELTON, 2000). Por um lado, a complexidade do sistema aumenta com o número de objetos no sistema, e, por outro lado com o aumento da correlação entre objetos diferentes (KLINGBEL, 2009). A meta do estudo do sistema é ganhar compreensão sobre o relacionamento entre os vários componentes ou prever o seu desempenho sob novas condições (LAW e KELTON, 2000). Devido a sua tremenda complexidade, a análise do sistema requer uma abordagem sistemática (LAW e KELTON, 2000), esquematizado na Figura 19.

Figura 19 – Diferentes formas de análise de um sistema



Fonte: Adaptado de LAW e KELTON (2000)

Conforme a Figura 19, se é prático e eficiente em custo examinar o atual sistema diretamente sob novas condições, é muito mais desejável fazer experimentos com o sistema atual, uma vez que não serão necessários esforços para modelagem e validação não serão considerados (MARIA, 1997; LAW e KELTON, 2000). Na realidade, entretanto, o sistema atual pode não existir ou pode requerer um grande esforço para ser construído, e é por isso que, geralmente, é inevitável construir um

modelo como uma representação do sistema de interesse, e estudá-lo como um substituto para o sistema real (LAW e KELTON, 2000).

Um modelo pode ser definido como uma reprodução simplificada de um sistema planejado existente, com seus processos em um sistema diferente ou concreto, do qual as diferenças com o sistema real residem nas características relevantes para a investigação e dentro de uma dada banda de tolerância (VDI, 2010). Por um lado, o modelo deve ser uma aproximação do sistema real sem perder as suas características significantes, e por outro lado, o modelo deve ser relativamente fácil de entender e de fazer experimentos com ele (MARIA, 1997; FRITZSON, 2004; LAW e KELTON, 2000). Em outras palavras, um excelente modelo é uma sensível compensação entre realismo e simplicidade (MARIA, 1997), o qual pode ser novamente dividido em modelos físicos e modelos matemáticos (LAW e KELTON, 2000). Um modelo físico imita propriedades selecionadas do sistema real e é principalmente usado para examinar um limitado conjunto de características comportamentais, usando engenharia em larga escala ou gerenciando o sistema (FRITZSON, 2004). Embora seja mais intuitivo e facilmente compreendido, construir um modelo físico sensível requer, geralmente, um volume considerável de recursos e esforços para a observação do seu comportamento por um longo período (LAW e KELTON, 2000). Para o estudo de sistemas logísticos complexos, devido a considerações práticas e econômicas, evidentemente não é razoável conduzir experimentos com o sistema atual ou com um modelo físico, o que justifica porque o modelo matemático tem sido usualmente construído para representar um sistema em termos de lógica e relações quantitativas e sistematicamente manipulá-lo e ajustá-lo para estudar suas regras inerentes (FRITZSON, 2004; LAW e KELTON, 2000). De acordo com as características de suas entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*), os modelos matemáticos podem ser classificados em várias categorias: determinísticos (variáveis de entradas e saídas são valores fixos) ou estocásticos (ao menos uma das variáveis de entradas e saídas são valores probabilísticos); estáticos (tempo não é considerado) ou dinâmicos (interações variando no tempo entre variáveis são levadas em conta) (MARIA, 1997).

Voltando a Figura 19, para analisar modelos matemáticos, existem geralmente dois tipos de abordagem. A primeira é a abordagem analítica, em que se usa o método analítico para determinar todo ou parte do relacionamento entre as variáveis de entrada e as variáveis de saída em expressões matemáticas de forma fechada (LAW e KELTON, 2000). Muitos métodos de otimização que foram desenvolvidos na área de pesquisa operacional pertencem a esse tipo de abordagem, como a

programação linear para problemas determinísticos e meta-heurísticas para problemas estocásticos (KLINGEBIEL, 2009). A segunda abordagem para analisar modelos matemáticos é a simulação (ver Figura 19), a qual é definida pelo VDI (2010) como “a representação de um sistema com seus processos dinâmicos em um modelo experimental para alcançar resultados que são transferíveis para a realidade.” A abordagem de simulação geralmente requer muito mais tempo e recursos (para as etapas de concepção, modelagem, simulação e validação). Assim, se uma abordagem analítica eficiente pode ser facilmente encontrada, ela é usualmente preferível à simulação (LAW e KELTON, 2000). Porém, um grande número de modelos matemáticos são muito complicados para os pesquisadores e praticantes desenvolverem soluções analíticas apropriadas (MARIA, 1997; LAW e KELTON, 2000; VASTAG, 2008; FRITZSON, 2004). Nesse caso, a simulação tem mostrado fortes vantagens, especialmente com o rápido desenvolvimento da tecnologia computacional (CHOPRA e MEINDEL, 2010; VASTAG, 2008; KUHN e HELLINGRATH, 2002).

Nas últimas décadas, as abordagens de simulação tem sido gradualmente integradas com algumas abordagens analíticas tradicionais para beneficiar uma a outra, especialmente na otimização de problema em larga escala (FU, 2002). Essa tendência leva a outro tipo de abordagem para estudar um sistema: abordagem de simulação otimizada.

De forma a atingir os objetivos definidos nesta tese, um abordagem integrada é utilizada, onde ambos os modelos (matemático e simulação) são integrados no método para seleção de estratégias de postergação na rede logística. Nas próximas seções (2.7.1 e 2.7.2), as abordagens analíticas e as abordagens de simulação para seleção de estratégias de postergação na rede logística são revisadas.

2.5.1 Modelos Estáticos para Seleção de Estratégias de Postergação em Redes Logísticas

Como um dos tópicos de pesquisa que tem recebido grande atenção na área de pesquisa operacional, um grande número de modelos analíticos tem sido propostos para analisar estratégias de postergação em redes logísticas. Uma visão geral das ideias fundamentais sobre esses modelos e suas abordagens de solução são apresentados a seguir. Os modelos analíticos (estáticos) utilizados para seleção de estratégias de postergação em redes logísticas, identificados na revisão bibliográfica, podem ser classificados de acordo com o tipo de estratégias de

postergação utilizadas. O Quadro 8 apresenta um resumo das abordagens analíticas postergação identificadas na literatura.

Quadro 8 – Abordagens analíticas de postergação

Tipo Postergação	Autor	Modelo Analítico	Abordagem
Produção	Lee, Billington e Carter (1993)	Programação Linear	Empírica
	Lee e Billington (1993)	Programação Linear	Conceitual
	Lee e Tang (1997)	Programação Linear	Conceitual
	Garg e Tang (1997)	Programação Linear	Conceitual
	Whang e Lee (1998)	Programação Linear	Conceitual
	Waller, Dabholkar e Gentry (2000)	Programação Linear	Conceitual
	Aviv e Federgruen (2001)	Bayesiano	Conceitual
	Graman e Magazine (2002)	Experimental	Empírica
	Davila e Wouters (2007)	Regressão	Empírica
Preço	Van Mieghem e Dada (1999)	Programação Linear	Conceitual
Logística	Ernest e Kanrad (2000)	Experimental	Conceitual
Tempo	García-Dastugue e Lambert (2007)	Programação Dinâmica	Empírica

Fonte: Autor

O modelo analítico para a estratégia de postergação da produção desenvolvido por Lee, Billington e Carter (1993) propõe um modelo de controle de estoque, baseado na política de revisão periódica de estoque, que analisa o custo de inventário (estoque cíclico e estoque de segurança) e do nível de serviço fornecido pela localização de produtos nos centros de distribuição. Esse modelo compara dois diferentes pontos de diferenciação do produto para uma fábrica que serve três centros de distribuição diferentes. Os autores examinam a redução do estoque e a melhoria na prestação de serviços alcançada pela HP, que adotou essa estratégia. Lee e Billington (1994) também desenvolvem outro modelo analítico para postergação da produção, considerando o controle centralizado de estoques, usado para determinar o nível de estoque cíclico necessário com um nível de serviço especificado, baseado na política de

revisão periódica de estoque. Lee e Tang (1997) também desenvolvem um modelo analítico para postergação da produção, com base em uma política de revisão de estoque de base periódica, que quantifica a economia com três estratégias diferentes de redesenho de produto/processo, que incluem a normalização, a modularização e a reestruturação do processo. Garg e Tang (1997) consideram a postergação da produção num processo de produção que tem dois pontos de diferenciação do produto para um processo de distribuição de três estágios, que inclui um armazém central fornecendo a centros de distribuição, que são fornecedores de diversos varejistas. O modelo de política de controle centralizado é comparado com uma política de estoque descentralizado. Ambos os modelos assumem um sistema de revisão periódica do estoque. Esses autores identificam ainda, que o tempo de espera, a variação da demanda, e a correlação da demanda são fatores importantes na determinação do ponto de diferenciação do produto. Whang e Lee (1998) demonstram, através de um modelo analítico aplicado à postergação da produção, como determinar nível ótimo do estoque de segurança. Esses autores concluem que a postergação da produção permite obter dois benefícios – melhoria da flexibilidade (para lidar com a incerteza da demanda); e, a melhoria da acuracidade da previsão no longo prazo (através da revelação da demanda durante o período da postergação). Nesse trabalho, os autores demonstram como os dois benefícios podem ser quantificados num modelo de produzir para estoque. Para capturar o efeito da melhoria de previsão, os autores usam um processo de demanda não estacionária e que exhibe a redução da incerteza ao longo do tempo. Esses autores usam o modelo para identificar os benefícios da postergação como um meio de conter a proliferação de variedades de produtos. Waller, Dabholkar e Gentry (2000) também utilizam um modelo analítico para examinar a relação entre a customização dos produtos e diferentes estratégias de postergação. Esses autores examinam a postergação em termos de postergação da produção, postergação a montante/jusante e postergação da distribuição. Os autores concluem que a postergação pode ajudar os gestores a atingir o valor do produto superior a um custo mais baixo. Aviv e Federgruen (2001) utilizam um modelo Bayesiano para caracterizar os benefícios da postergação da produção sob demanda com distribuição desconhecida, usando uma política de estoque base. Usando uma abordagem bayesiana, os autores foram capazes de relaxar a suposição de que a distribuição da demanda são conhecidas com certeza e de forma independente entre períodos. Este é um dos únicos trabalhos encontrados na literatura de postergação que considera a incerteza no *lead time* no modelo. Já Graman

e Magazine (2002) utilizam uma análise numérica para considerar a capacidade de um fabricante que usa postergação da produção em apenas uma parte da sua produção. Os autores examinam uma planta em que um único item pode ser finalizado em vários produtos derivados. Os autores consideram que apenas uma pequena porcentagem da capacidade precisa usar postergação, a fim de alcançar todos os benefícios gerados pela postergação. Davila e Wouters (2007) examinam um fabricante de disco de computador que implantou a postergação da produção. Os autores utilizam a análise de regressão, para determinar que os níveis mais elevados de postergação estejam associados com um melhor nível de serviço, menor volume de estoque e menor custo.

Van Mieghem e Dada (1999) mostram no artigo que a concorrência, a incerteza e o planejamento das decisões operacionais podem influenciar nas decisões de investimento da empresa relacionadas com a capacidade e o inventário. Usando um modelo analítico para a estratégia de postergação do preço, considerando a incerteza da demanda (aleatória), os autores demonstram que, em contraste à postergação da produção, a postergação de preço pode tomar as decisões de investimento relacionadas com a capacidade e inventário relativamente insensível à incerteza.

Por sua vez, Ernst e Kamrad (2000) desenvolvem um modelo analítico para postergação da logística através de uma equação de custo que é usado para avaliar quatro tipos de estruturas da rede logística (ou cadeia de suprimentos) denominadas como: rígida, adiada, modular e flexível. Os custos considerados pelos autores incluem o custo fixo, variável e custos de inventário.

Finalmente, García-Dastugue e Lambert (2007) aplicam a postergação com base no tempo no contexto de uma rede logística, utilizando um modelo de programação dinâmica em um sistema de multi estágios, para encontrar o nível ótimo de estoque de segurança, usando um modelo de garantia de serviço. Nesse modelo, os autores usam uma política de reposição do estoque de segurança para o cálculo de custos do inventário, juntamente com os custos de fabricação, custos variáveis, custos de aquisições e preço de venda em cada par de elos na cadeia de suprimentos. Este é outro modelo encontrado na corrente literatura de postergação que não considera a incerteza da demanda e do tempo.

Verifica-se pelo Quadro 8, que tem havido um rápido desenvolvimento de métodos analíticos para quantificar os benefícios da postergação (LEE, 1996; LEE e TANG, 1996; WHANG e LEE, 1998), mas em sua grande maioria, os modelos são conceituais. Além disso, a grande parte dos trabalhos focam apenas na estratégia de postergação da

produção, e, apenas uma pesquisa está relacionada à postergação de tempo (GARCÍA-DASTUGUE e LAMBERT, 2007), entretanto a mesma usa um modelo analítico baseado em programação dinâmica.

Além dos modelos analíticos, alguns autores também usam modelos dinâmicos para a seleção de estratégias de postergação em redes logísticas.

2.5.2 Modelos Dinâmicos para Seleção de Estratégias de Postergação em Redes Logísticas

De acordo com o nível de aplicação da abordagem de simulação na gestão de redes logísticas, essa abordagem pode ser classificada em duas categorias (KLEIJNEN, 2005):

- Nível estratégico, o qual é principalmente relacionado com o redesenho da rede logística;
- Nível operacional, o qual é tratado com a decisão de várias políticas de controle.

No nível estratégico, um dos problemas mais discutidos é o projeto ou redesenho de redes logísticas (KLEIJNEN, 2005), sendo que na literatura consultada, apenas um trabalho diz respeito à utilização de simulação no estudo de projetos de redes logísticas. Utilizando essa abordagem, Johnson e Anderson (2000) desenvolvem um modelo de simulação que examina o impacto da postergação da produção em impressoras, que tinham um ciclo de vida médio do produto de 12-30 meses. Ao final, os autores concluem que a postergação é particularmente valiosa para produtos com ciclos de vida curtos, que têm um elevado número de produtos derivados e um elevado nível de erro de previsão. A política de estoque usada pelos autores não está explicitamente indicada em termos de pontos de ressuprimento e à determinação das quantidades de pedidos, mas numa política básica de estoque pela discussão de metas de inventário na HP, de manter um determinado número de semanas de inventário na mão.

Na aplicação de simulação no nível operacional, apenas o trabalho de Zinn e Bowersox (1988) foi identificado. Esses autores utilizam um modelo de custo normativo aplicado a uma simulação, que considera tanto os custos de processamento, os custos variáveis, os custo de vendas perdidas, os custos de inventário, os custos de armazenagem e os custos fixos de transporte. Esses autores identificam várias importantes características físicas de produtos e demanda para identificar quais

produtos são mais propensos a se beneficiar do uso de estratégias de postergação.

Após uma varredura nos modelos dinâmicos de simulação de eventos discretos para analisar e selecionar as estratégias de postergação, constata-se que não foram identificados na literatura consultada, muitos trabalhos sobre o tema postergação baseados em modelos de simulação. Além de serem poucos, os modelos identificados focam apenas uma tipologia de postergação e consideram apenas uma parte da rede logística.

2.6 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Este capítulo analisou como os conceitos modernos de logística posicionaram a área no contexto das redes logísticas, e, destacam seu valor como importante meio para a prestação de altos níveis de serviços aos clientes e a manutenção dos custos a níveis baixos. Entretanto, o mercado dinâmico como o atual, requer que as redes logísticas sejam capazes de se ajustar continuamente à mudanças constantes das condições dinâmicas do mercado, e, por outro lado, responder rapidamente e de forma eficiente em custos. Todavia, no dinâmico mercado atual, a incerteza da demanda tem agravado a dificuldade de responder rapidamente aos pedidos dos clientes, gerando excesso ou falta de inventário. Este capítulo também expôs e discutiu a evolução do escopo e do conceito de postergação, relacionados à aplicação das estratégias de postergação em redes logísticas, bem como a evolução, as diferentes visões, tipologias e os limites do uso do conceito de postergação. Foi apresentado também o conceito de ponto de penetração de pedido (OPP), que é considerado um fator chave na seleção da estratégia de postergação, bem como no projeto e gestão da rede logística, pois impacta diretamente no seu desempenho. Também foram apresentados os fatores direcionadores para a adaptação da estratégia de postergação, bem como os fundamentos para mediação e avaliação de desempenho em redes logísticas e os indicadores de desempenho para postergação. Ao final, este capítulo apresentou uma revisão do estado da arte dos métodos para seleção de estratégias de postergação em redes logísticas, sobre dois aspectos – analítico e simulação. Para uma abordagem analítica, vários tipos de postergação foram sistematicamente analisados. Contudo, para abordagem de simulação, não foram identificados muitos trabalhos e sua aplicação foi revista pela perspectiva estratégica e operacional.

O capítulo 3 apresenta a abordagem utilizada no desenvolvimento do método para seleção de estratégias de postergação em redes logísticas.

3. DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO PARA SELEÇÃO DE UM PORTFÓLIO DE ESTRATÉGIAS DE POSTERGAÇÃO EM REDES LOGÍSTICAS

Este capítulo apresenta, inicialmente, a abordagem da cadeia de processos para resolução do problema de seleção de estratégias de postergação em redes logísticas. Em seguida, são apresentados e discutidos também os fatores direcionadores da adaptação de estratégias de postergação e o conjunto de indicadores para medir e avaliar o desempenho de redes logísticas utilizando essa estratégia. Ao final, um novo método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas é desenvolvido e apresentado.

3.1 ABORDAGEM DA CADEIA DE PROCESSOS LOGÍSTICOS

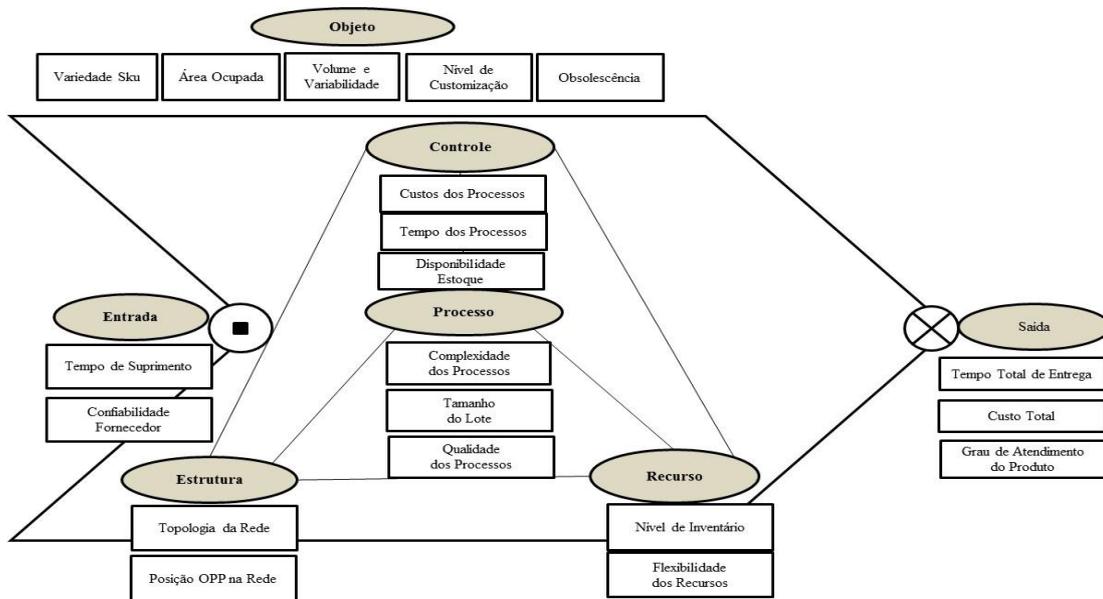
O desenvolvimento do método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas foi baseado, primeiramente, na abordagem da cadeia de processos logísticos (ver seção 2.3.5), considerando os três elementos: (1) objeto; (2) entrada; e (3) saída; e, os quatro fatores de influência para o projeto de redes logísticas: (1) processo; (2) estrutura; (3) recursos; (4) controle, e seus respectivos parâmetros. Para cada um dos elementos e fatores de influência da cadeia de processos, foram definidos os parâmetros de projeto para as redes logísticas, a serem analisados durante a pesquisa de campo desta tese. Cada um dos fatores e parâmetros considerados para o levantamento dos dados de campo para a tese (ver Figura 20) é apresentado em mais detalhes a seguir (ver seções 3.1.1 a 3.1.4).

3.1.1 Fator Processo

Com relação ao fator processo, esta tese analisou os elementos relacionados ao objeto, a entrada e a saída, além dos parâmetros tempo do processo, tamanho de lote e nível de qualidade do processo. Esses parâmetros foram escolhidos por que permitem aproximar, as necessidades do cliente e a resposta da empresa, gerando maior satisfação ao consumidor e menor complexidade para a empresa.

O objeto (produto) está relacionado aos diferentes tipos de inventário (matéria-prima, produto em processo e produto acabado) e ao

Figura 20 – Resumo dos fatores e parâmetros considerados na tese



Fonte: Autor

seu fluxo na rede logística. Ainda com relação ao objeto, foram considerados nesta tese os parâmetros relativos ao grau de variedade de produtos (sku's), a área ocupada (m^2) por cada produto no ponto de estoque, o volume da demanda dos diferentes tipos de produtos fabricados, o nível de variação da demanda (cv), bem como o nível de customização dos produtos, e o seu grau de obsolescência.

O elemento entrada do processo está relacionado ao fluxo de entrada de materiais na rede logística. Dois parâmetros relacionados ao fluxo de entrada (suprimentos) no processo logístico foram considerados nesta tese: tempo de reabastecimento e a confiabilidade do fornecedor. O tempo do processo de reabastecimento do fornecedor é um fator importante para a determinação do nível de estoque a ser mantido. A confiabilidade do fornecedor é outro parâmetro que influencia o desempenho da rede logística, porque a incerteza no fornecimento leva a manutenção de um alto nível de estoque de segurança na rede logística.

Finalmente, para o elemento saída do processo, esta tese considerou os parâmetros relacionados à sua eficiência e eficácia. Enquanto a eficiência está relacionada a perspectiva interna (visão da rede) e está associada ao desempenho em termos de custo total, a perspectiva externa (visão do cliente) está relacionada a eficácia e associada ao desempenho em termos de prazo de entrega e nível de serviço, sendo este último medido pelo grau de atendimento do produto.

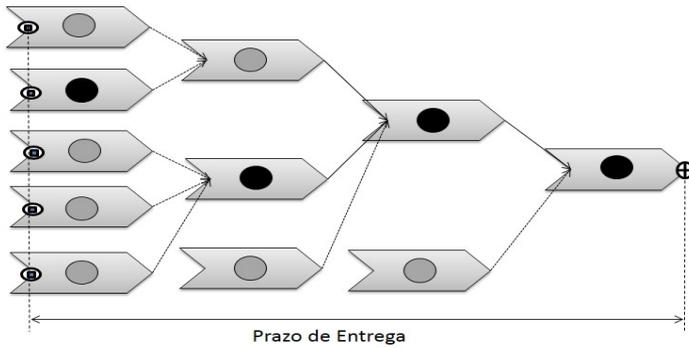
Entretanto, além da dupla perspectiva de negócios (eficiência e eficácia) no ambiente competitivo atual, consumidores e a legislação têm forçado as empresas a projetarem suas redes logísticas, de forma a minimizar os efeitos negativos sobre o meio-ambiente (ver Figura 22). Porém, este objetivo não está no escopo dessa tese, por razões de complexidade e restrições de tempo.

Operacionalmente, as estratégias de postergação podem ser medidas pela noção de tempo de entrega do pedido, onde o tempo de entrega é o número de dias (ou horas) entre o recebimento de um pedido pelo vendedor e entrega física dos produtos ao comprador. Assim, quando o tempo de entrega aceito pelo cliente aumenta, a adaptação da postergação aumenta e os custos declinam para o vendedor. Por outro lado, quando o tempo de entrega aceito pelo cliente diminui, a adaptação da postergação é reduzida e os custos declinam para o comprador. O prazo de entrega, pode ser medido utilizando o modelo de cadeia de processos logísticos (ver seção 2.3.5). A Figura 21 ilustra como o prazo total de entrega do pedido (*lead time*). O prazo de entrega nesse caso é a soma dos tempos dos processos individuais. Contudo, o tempo de processo de um estágio da rede logística, depende do nível de inventário

nos outros estágios (ver seção 2.4.1). Dessa forma, para um estágio o *lead time* do pedido é igual ao tempo total, desde o recebimento do pedido até a entrega do mesmo.

Outro parâmetro relacionado a prazo de entrega do pedido, é o prazo de entrega aceito pelo cliente. Esse parâmetro é considerado nesta tese como uma restrição no modelo para a localização dos múltiplos pontos de penetração de pedidos (OPP) na rede logística.

Figura 21 – Medição do prazo de entrega na cadeia de processos logísticos



Fonte: Autor

Assim, se os tempos de entrega aceitos pelos clientes são muito curtos, um estoque intermediário (especulativo) é absolutamente necessário, uma vez que apenas desse jeito os produtos podem ser encontrados rapidamente para o consumo. Por outro lado, o parâmetro custo total da rede, está relacionado aos custos fixos e variáveis incorrido pela realização dos processos de produção e logística. Enquanto o custo fixo considerado nesta tese é composto ao custo de pedido ou *setup*, os custos variáveis estão relacionados a quantidade de inventário mantido no ponto de estoque. Os custos variáveis incluem o custo de estoque, o custo de perda de vendas pela falta de estoque, bem como o custo de armazenagem e o custo de transporte.

Por fim, o parâmetro grau de atendimento do produto (*fill rate*), está relacionado ao nível de serviço oferecido ao cliente (ver

Já em relação ao fator processo, foram considerados como parâmetros nesta tese: complexidade do processo, o tamanho de lote e o nível de qualidade do processo. A complexidade do processo, está diretamente relacionado a tecnologia de processos empregadas e ao número de objetos na rede.

Outro parâmetro importante relacionado ao fator processo é o tamanho do lote utilizado no processo (ex.: tamanho lote de compra, fabricação, transporte e distribuição). O tamanho do lote está relacionado diretamente com a economia de escala, além de ser um parâmetro que limita a utilização das estratégias de postergação.

Por fim, nível de qualidade dos processos é outro fator considerado importante para alcançar os objetivos desta tese, e diz respeito à qualidade nos processos de suprimento, na produção e na logística, pois, esse parâmetro afeta diretamente o desempenho da rede logística em termos de custo e tempo de entrega. A qualidade dos processos está relacionado, tanto à qualidade intrínseca dos produtos e/ou serviços (cada vez mais ambos) gerado pelo processo, como a todos os processos envolvidos na sua transferência ao cliente (ex.: índice de avarias; atraso entrega, etc.). Geralmente, o conceito de qualidade na manufatura e logística já estão bem desenvolvidos e assimilados pelas empresas.

3.1.2 Fator Estrutura

Com relação à estrutura do processo, esta tese focou em dois parâmetros que estão relacionados a topologia da rede e a localização do ponto de penetração do pedido (OPP) na rede logística. A topologia da rede é um parâmetro importante para a definição da abordagem de gestão de inventário a ser seguida. Por sua vez, a localização dos pontos de penetração de pedidos (OPP) é um parâmetro fundamental para a aplicação de estratégias de postergação, uma vez que as estratégias de postergação ocorrem após o ponto de penetração de pedidos (OPP) ao longo da rede logística.

3.1.3. Fator Recursos

O fator recursos foca nos parâmetros relacionados ao nível de inventários e à flexibilidade dos recursos da rede. Do ponto de vista da logística, as decisões que envolvem inventários são de alto risco e de alto impacto, pois, como uma das mais importantes questões logísticas, o inventário tem uma influência significativa no desempenho logístico da rede logística. O inventário em excesso gera aumento dos custos e reduz a lucratividade, em razão da imobilização de capital de giro, custos de manuseio, seguro e obsolescência. Essa última está se tornando crítica, já que os ciclos de vida dos produtos estão cada vez mais curtos e o lançamento de novos modelos com outras novas funcionalidades está cada vez mais frequente. Sob o ponto de vista da rede logística total, o

ideal é manter o inventário no início da rede logística, uma vez que o custo de manter o inventário nesse estágio, é muito menor do que no final da rede logística.

O outro parâmetro considerado com relação ao fator recursos é a flexibilidade dos recursos da rede logística (ver seção 2.1.5). Esse é um fator de extrema importância, uma vez que a incerteza é a norma nas redes logísticas. A flexibilidade de recursos é um dos benefícios das estratégias de postergação, que, além de permitir lidar com as incertezas da demanda e dos suprimentos, permite também gerenciar a proliferação da variedade de *sku*'s (objetos) na forma de materiais, componentes e produtos nos inúmeros pontos de estoque espalhados pela rede logística. Por exemplo, as estratégias de postergação do desenvolvimento de produtos e a postergação de compras podem ser usadas para lidar com um alto nível de incerteza, enquanto as estratégias de postergação da produção e postergação da logística podem ser usadas para lidar com um baixo nível de incerteza da demanda.

Além dos recursos, outro fator importante e que foi considerado na tese está relacionado ao controle dos processos.

3.1.4. Fator Controle

Com relação ao fator controle, foram considerados os parâmetros custos dos processos, tempos dos processos e a quantidade de estoque em cada ponto de armazenagem da rede, sendo que os mesmos fazem parte da lista mestra de dados (ver apêndice C). Esses indicadores são importantes uma vez que impactam diretamente nos parâmetros da saída da cadeia de processo considerados (prazo de entrega do pedido, o custo total da rede, e o grau de atendimento do produto), conforme descrito na Figura 20.

Além da definição dos parâmetros em cada um dos elementos e fatores do modelo da cadeia de processos, também foi identificado quais são os fatores direcionadores e os indicadores de desempenho para seleção de estratégias de postergação em redes logísticas.

3.2 DEFINIÇÃO DOS FATORES DIRECIONADORES PARA A SELEÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE POSTERGAÇÃO EM REDES LOGÍSTICAS

Os principais fatores direcionadores identificados pelo autor e considerados nesta tese para seleção de um portfólio de estratégias de postergação na rede logísticas foram: produto, processo, mercado e rede logística, e todos são apresentados e discutidos a seguir.

3.2.1. Produto

A variedade de produtos e as diferentes fases do ciclo de vida do produto são importantes fatores para caracterizar os diferentes requisitos de mercado e, conseqüentemente, para a adaptação de estratégias de postergação na rede logística. Por exemplo, o estágio de introdução é marcado por altos níveis de incerteza, em termos de resposta do mercado ao novo produto. Nessa fase, o preferível é fazer uma quantidade suficiente para estoque, de forma que o mercado não recuse o produto devido a sua falta. Mas o padrão de demanda pode variar de um local para o outro, e a previsão se torna mais difícil. No entanto, a manutenção de um nível elevado de inventário também pode levar à perdas, se a demanda não for suficiente (ex. obsolescência). Além disso, se o produto tiver uma grande variedade, pode ser economicamente inviável manter o nível mínimo de SKU em todos os locais da rede logística. A postergação logística pode ser utilizada nessa fase, pois o produto pode ser armazenado em local central ou em centros de distribuição, e, os reabastecimentos poderiam ser feitos com base no padrão de demanda.

Durante a fase de crescimento, já que os padrões de demanda se tornam visíveis, a postergação pode ser movida a montante, mas como nessa fase a disponibilidade do produto ainda é crucial, então a postergação da fabricação nos centros de distribuição poderia ser adotada. Isso implica na postergação das atividades de rotulagem e embalagem com base no padrão de demanda, garantindo ao mesmo tempo a disponibilidade rápida do produto. Durante a fase de maturidade, os padrões de demanda se tornam estáveis, oferecendo benefícios na aplicação do princípio de produção eficiente, com o foco para a utilização da capacidade e eficiência de custos.

Por fim, durante os últimos estágios, quando um produto chega a fase de maturidade, diferentes variedades de produtos são introduzidas. O inventário poderia ser mantido no nível dos componentes, para reduzir o custo para os produtos derivados. Além disso, produtos com ciclo de vida curto, precisam ser convertidos rapidamente, uma vez que a janela de tempo é pequena, e isso exige que reposições básicas sejam feitas. Os desenhos dos produtos determinam se eles podem ser personalizados para as fases posteriores ou não. A fim de adotar a estratégia de postergação, os produtos devem ser concebidos a partir de uma mesma plataforma ou componentes comuns, e que mais tarde são personalizados, adicionando componentes exclusivos de um determinado produto.

Além disso, a aplicação da postergação também é impulsionada pelo número de pontos de planejamento disponíveis no processo. No caso

de um ambiente operacional, envolvendo diferentes números de passos não inter-relacionados, várias operações podem ser efetuadas em pontos diferentes, dependendo de quando os dados de busca se tornam disponíveis para a operação ou função particular. Produtos inovadores têm ciclos de vida mais curtos e eles precisam ser desenvolvidos, bem como reabastecidos em um curto espaço de tempo para evitar a falta de estoque, bem como a obsolescência. Por outro lado, os produtos padronizados têm ciclos de vida mais longos, podem ser desenvolvidos com foco em custos, em oposição aos produtos inovadores (MASON-JONES et al., 2000). No entanto, em caso de aumento dos custos de manutenção de estoque, a postergação pode ainda ser usada para reduzir o estoque na rede logística.

3.2.2 Processo

O processo é um fator chave para a adaptação das estratégias de postergação, porque a capacidade de divisão do processo em partes, permite postergar os processos para o último momento no tempo.

Outro fator importante está relacionado ao tempo do processo. O tempo do processo exerce um grande impacto nos inventários e na taxa de saída (*throughput*). Assim, quanto maior o tempo de processo, maior será a necessidade de manter inventários, que afeta diretamente a taxa de saída, ou seja, a taxa em que ocorrem as vendas ao cliente final.

Além disso, fatores como a complexidade do processo, seu nível de qualidade e o grau de incerteza do processo, também afetam a adaptação de estratégias de postergação.

3.2.3 Mercado

Um dos fatores mais importantes do mercado, em relação à decisão de utilizar a estratégia de postergação, é o tempo de entrega aceito pelo mercado. Se os clientes estão à procura de entregas rápidas, então será difícil para o fabricante empurrar a postergação, no sentido dos fornecedores. Para esses produtos, prazo de entrega seria o critério ganhador de pedidos para que os fabricantes possam reduzir o tempo de entrega ou reduzir custos, mantendo o tempo de entrega para garantir encomenda. A incerteza e do volume da demanda, também impulsionam a estratégia de se fazer os produtos para estoque (especulação) ou para produzi-los sob pedido (postergação). Assim, um produto com demanda volátil favorece a postergação, de modo a não manter estoque de produtos acabados, mas ter mais inventário em nível de componente comum. Para

um padrão de demanda estável, seria mais econômico perseguir uma estratégia baseada em especulação através de previsão da demanda, para melhorar o atendimento ao cliente e reduzir custos. A função de volume também está relacionada com a função de exigir variabilidade. Assim, produtos com alto volume têm geralmente padrão mais estável de demanda e, portanto, torna-os adequados para estratégia de fazer para estoque (especulação).

3.2.4 Rede Logística

A estrutura da rede logística afeta a adaptação de estratégias de postergação, haja vista que a viabilidade da adaptação de estratégias de postergação também é determinada pelas características da estrutura da rede logística. O principal parâmetro relativo à estrutura da rede logística são as características dos processos e a importância da economia de escala. Para as indústrias de processos contínuos (ex.: refinarias), a economia de escala nos processos logísticos (principalmente produção e distribuição) é um fator competitivo importante (ex.: foco na eficiência em custo e padronização), e por isso, geralmente, esses tipos de empresas utilizam a abordagem de especulação nos processos logísticos. Dessa forma, um limitado conjunto de estratégias de postergação (postergação da produção) pode ser usado nesse tipo de rede logística. Por outro lado, as redes logísticas onde a economia de escala não é um fator competitivo importante (ex.: foco no nível de serviço e customização), permite a utilização de um conjunto maior de estratégias de postergação.

Além da identificação e entendimento dos fatores direcionadores da adaptação das estratégias de postergação (produto, processo, mercado e rede logística), foi necessário identificar os indicadores de desempenho que podem ser usados para avaliar o impacto na seleção das diferentes estratégias de postergação, em termos de desempenho logístico (prazo de entrega) e na eficiência em custos (custo total). Por isso, na seção 3.3, são apresentados os indicadores de desempenho identificados e utilizados para este fim.

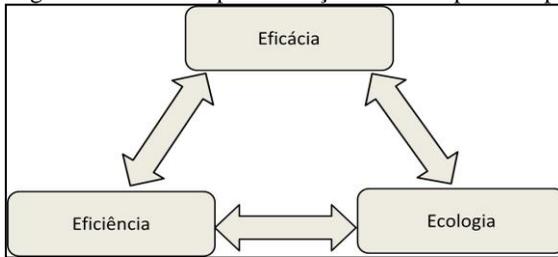
3.3 DEFINIÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO UTILIZADOS PARA SELEÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE POSTERGAÇÃO EM REDES LOGÍSTICAS

Conforme apresentado anteriormente (ver seção 2.6), um dos elementos dos sistemas de desempenho em redes logísticas são as medidas de desempenho. As medidas de desempenho são indicadores

para mensurar a eficiência e eficácia das redes logísticas, através de mecanismos de controle e monitoramento dos diferentes fatores chave de desempenho como, por exemplo: (1) custos; (2) tempo e (3) nível de serviço. No entanto, as abordagens existentes não permitem a medição e avaliação do desempenho da rede logística como um todo, uma vez que as métricas não têm uma perspectiva integrada, e, as mesmas são gerenciadas como vários sistemas de medição fragmentados e independentes.

Dessa forma, foi necessário desenvolver um modelo de medição de desempenho mais amplo e integrado, além de um conjunto de medidas de desempenho, a fim de permitir a quantificação do impacto da estratégia de postergação, no desempenho da rede logística como um todo. Como mostra a Figura 22, o modelo de medição de desempenho para as estratégias de postergação desenvolvido nesta tese está baseado na abordagem em três dimensões (triplo E): Eficiência, Eficácia e Ecologia.

Figura 22 – Modelo para medição de desempenho triplo E



Fonte: Autor

O modelo de avaliação de desempenho triplo E para redes logísticas, mostrado na Figura 22, foi baseado primeiramente sobre os objetivos em duas dimensões tradicionais da abordagem de negócios: (1) eficiência - relacionada com a perspectiva de processo (visão interna), onde o foco é no nível de inventário, no desempenho em custos e no desempenho de ativos; (2) eficácia - relacionada à perspectiva de cliente (visão externa), onde o foco é no valor ao cliente e no tempo dos processos. Além disso, o potencial ecológico das estratégias de postergação leva a conclusão de que a relação dimensional entre empresa e cliente tem que ser reforçada por uma terceira dimensão relacionada à (3) ecologia. Essa dimensão está relacionada com perspectivas ambientais, e medem o desempenho da rede logística em termos de seu impacto ambiental (ex.: consumo de água; emissão de CO₂, etc.).

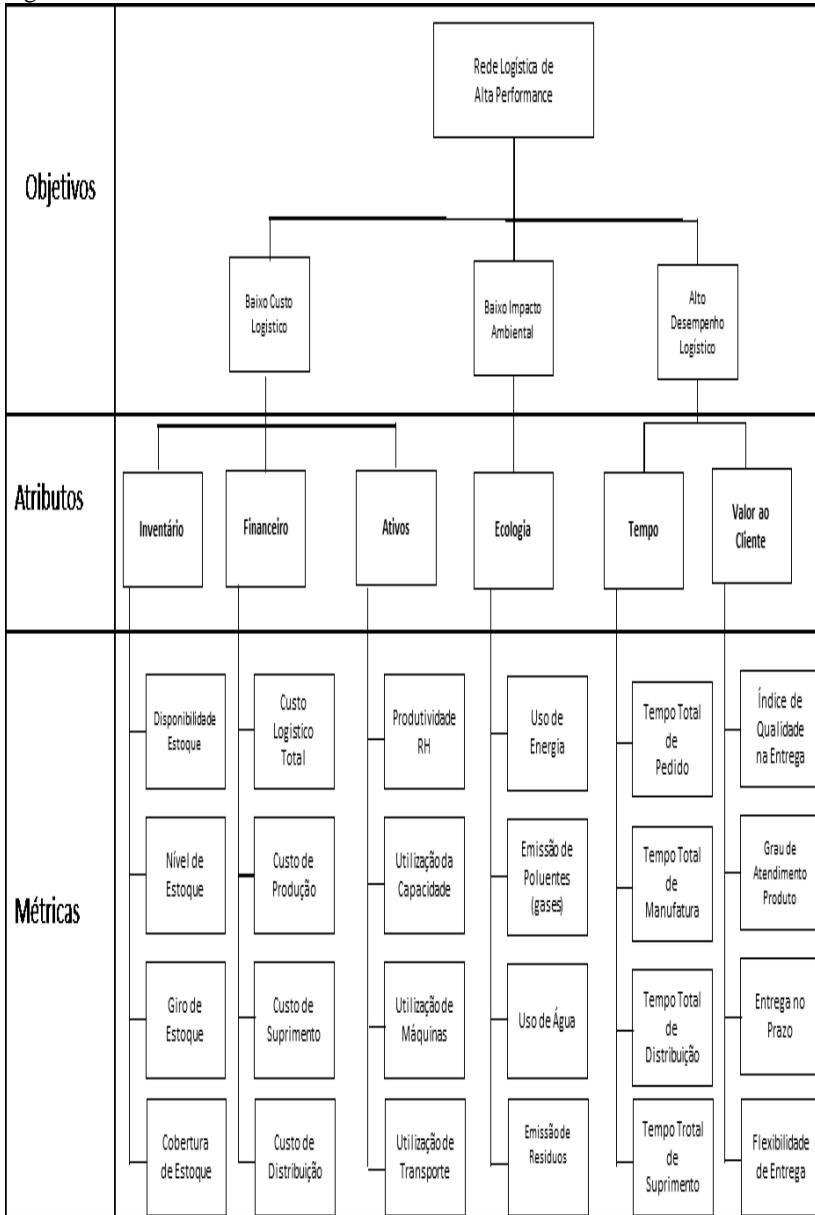
Com base no modelo para medição de desempenho triplo E para redes logísticas (ver Figura 22), um modelo foi proposto, seguindo a estrutura do modelo de medição de desempenho desenvolvido especialmente para os processos logísticos pela Associação de Engenheiros Alemães (VDI - *Verein Deutsche Ingenieure*) (VDI, 2002). Segundo o modelo VDI, uma rede logística de alta performance tem dois objetivos complementares, um relacionado ao alto desempenho logístico (eficácia), e outro relacionado a um baixo custo logístico (eficiência) (ver seção 2.1.1). Entretanto, diferente do modelo VDI, o modelo proposto (ver Quadro 9), também considerou um objetivo complementar relacionado ao baixo impacto ambiental (ecologia).

O primeiro nível do modelo ilustrado no Quadro 9, apresenta o objetivo geral de desempenho do sistema logístico, definido como uma rede logística de alta performance (pelo uso de estratégias de postergação em toda a rede). No segundo nível do modelo (ver Quadro 9), foram classificados os atributos de desempenho, para cada uma das três dimensões consideradas no nível anterior. Assim, para o objetivo baixos custos logísticos, foram selecionados os atributos relacionados ao inventário, financeiro e ativos. Já para o atributo relacionado a dimensão do alto desempenho logístico, foram considerados os atributos relativos ao tempo e valor ao cliente. Ainda, o atributo ecologia relacionado ao baixo impacto ambiental, também foi considerado nesse modelo. Finalmente, no último nível do modelo, para cada um dos seis (6) atributos, um conjunto com diferentes métricas foram consideradas (ver Quadro 9).

Entretanto, devido à restrições de tempo e complexidade para a utilização e levantamento de todas as métricas nesta tese, apenas dois objetivos, um relacionado ao alto desempenho logístico (eficácia), e o outro relacionado a um baixo custo logístico (eficiência), foram selecionados.

Assim, para medir cientificamente esses objetivos de desempenho, foram selecionados três métricas para cada uma dessas duas categorias de objetivos (ver Quadro 9). Para o objetivo alto desempenho logístico (eficácia), duas (2) métricas críticas foram selecionadas: (1) grau de atendimento do produto (medido pela fração da demanda do produto que é satisfeita a partir do inventário); e; 2) tempo total do pedido (medido pelo ciclo de pedido).

Quadro 9 – Modelo integrado para medição e avaliação de desempenho de redes logísticas



Fonte: Autor

O grau de atendimento do produto, definido como a fração da demanda do produto que é satisfeita a partir do inventário, e pode ser calculado conforme a expressão 4.

$$\text{Grau de atendimento do produto} = \frac{1 - \text{Quantidade não atendida}}{\text{Total da Demanda}} \quad (4)$$

A outra métrica selecionada para o objetivo alto desempenho logístico, foi o tempo total do pedido. O prazo de entrega dos pedidos aos clientes (ou *lead time* do cliente) consiste no espaço de tempo em que um pedido é feito até o momento em que é recebido.

Com relação ao objetivo baixos custos logísticos (eficiência), apenas uma métrica crítica foi selecionada neste estudo: (1) custo logístico total. O custo logístico total é composto pelos custos fixos e variáveis. O custo fixo refere-se ao custo de pedido (ou *setup*), que por sua vez, depende do tamanho do lote de compra e fabricação. Já os custos variáveis, são proporcionais às quantidades armazenadas e transportadas. Os custos variáveis considerados nesta tese são os custos de inventário (custo de estoque e custo de falta de estoque), os custos de armazenagem e os custos de transporte. Segundo Ballou (2004), o custo de estoque resulta da “estocagem ou manutenção de estoques por um período de tempo, e, é proporcional a quantidade de mercadorias em mãos”. Ao contrário dos custos de estoque, o custo da falta de estoque pode acarretar atrasos na entrega ou perda de vendas (BALLOU, 2004; CHOPRA e MEINDL, 2010). Já os custos de armazenagem e os custos de transporte, são relativos à quantidade de mercadorias armazenadas e transportadas na rede.

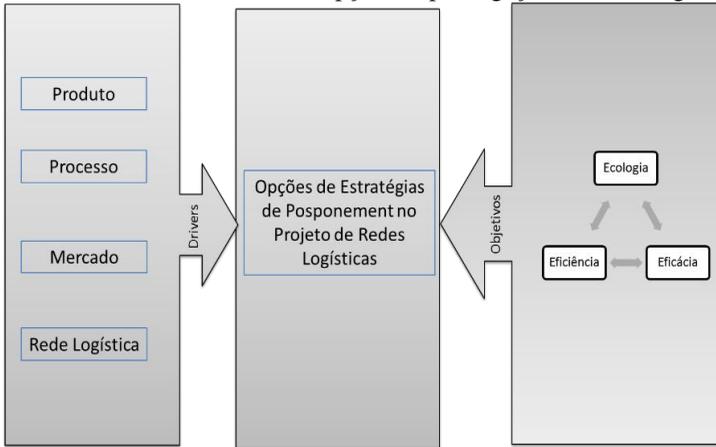
Com base nos fatores direcionadores e nos indicadores de desempenho selecionados nesta tese, na próxima seção (ver seção 3.4), um novo método para a seleção de um portfólio de estratégias de postergação é desenvolvido.

3.4 A CONCEPÇÃO DE UM MÉTODO PARA SELEÇÃO DE UM PORTFÓLIO DE ESTRATÉGIAS DE POSTERGAÇÃO EM REDES LOGÍSTICAS

No desenvolvimento do método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas considerou-se a lógica de que a chave para a seleção das diferentes opções de estratégias de postergação para redes logísticas está baseada, em primeiro lugar, nos fatores direcionadores que afetam a adaptação de estratégias de

postergação na rede logística, e, em segundo lugar, nos indicadores de desempenho utilizados para avaliar a rede sob estas condições, conforme Figura 23.

Figura 23 – Fatores de influência das opções de postergação em redes logísticas



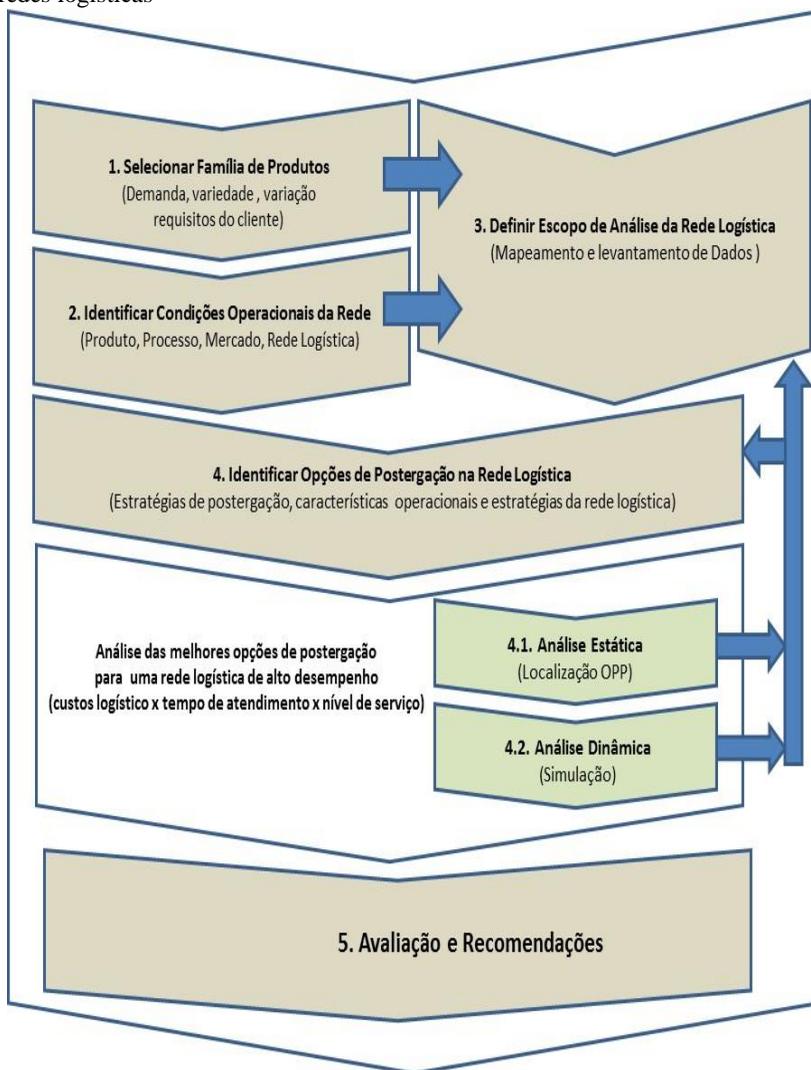
Fonte: Autor

Os quatro fatores direcionadores (produto, processo, mercado e rede logística) para a adaptação de estratégias de postergação em redes logísticas identificados no lado esquerdo da Figura 23, indicam quais são as características operacionais da rede logística, que favorecem uma maior adaptação das estratégias de postergação. As características operacionais da rede logística foram identificadas com a aplicação de um questionário estruturado (ver apêndice B) nas empresas participantes desse estudo.

Já as medidas de desempenho apropriadas mostradas no retângulo no lado direito da Figura 23, foram usadas para medir o desempenho em termos de eficiência (ex.: custos logísticos), da eficácia (ex.: prazo de entrega), e, ecológica (ex.: emissão dióxido de carbono (CO₂) de um sistema existente ou para comparar sistemas alternativos).

Assim, com base nos fatores direcionadores e nos indicadores de desempenho selecionados nesta tese (ver Figura 23), um novo método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas foi concebido. O método desenvolvido foi estruturado em cinco etapas, conforme descrito na Figura 24.

Figura 24 - Método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas



Fonte: Autor

Cada etapa do método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas, apresentado na Figura 24, é discutido e detalhado nas próximas seções.

3.4.1. Selecionar a Família de Produtos

Conforme descrito na Figura 24, a primeira etapa do método é selecionar uma família de produtos do atual portfólio. Essa etapa é importante, uma vez que esta tese utiliza a perspectiva da cadeia de processos logísticos, e conforme visto anteriormente (ver seção 2.1.3), essa perspectiva considera que a análise da cadeia de processos está baseada no fluxo de produtos (objetos), desde o recebimento do pedido do cliente até a entrega dos produtos ao cliente. Além disso, a escolha da estratégia de rede logística mais adequada, também deve ser baseada nos tipos de produtos (ver seção 2.1.2). O critério usado para seleção da família de produtos a ser analisada, considerou a sua importância em termos de seu impacto no faturamento.

Com base na família de produtos selecionada, a segunda etapa do método busca identificar as características operacionais da rede logística para o produto selecionado, considerando os fatores direcionadores da adaptação de estratégias de postergação (produto, processo, mercado e rede logística) na rede logística (ver apêndice B).

3.4.2. Identificar o Perfil Operacional da Rede Logística

Nesta etapa do método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas, um instrumento de coleta de dados, na forma de um questionário estruturado foi desenvolvido (ver apêndice B), sendo utilizado no levantamento e identificação de dados relativos às características operacionais da rede logística. O questionário foi construído considerando onze questões para cada fator direcionador (produto, processo, mercado, rede logística), e, buscaram capturar as características operacionais da rede logística nas referidas dimensões. A escolha, por parte dos especialistas, foi baseada na escala de *Linkert*. Assim, cada questão foi valorada em uma escala de cinco itens *Linkert*, e, cada respondente (especialistas e gestores das empresas participantes), considerando a família de produtos selecionada, teve que assinalar a sua opinião sobre as características operacionais da rede logística, considerando uma escala de 1 a 5, onde: (1) não concordo totalmente; (2) não concordo parcialmente; (3) indiferente; (4) concordo parcialmente; e (5) concordo totalmente (ver apêndice B).

Assim, numa primeira etapa, o referido questionário (ver apêndice B), juntamente com as instruções para o seu preenchimento, são enviados aos gestores das empresas participantes da pesquisa por meio eletrônico. O autor permanece à disposição dos mesmos para dirimir eventuais

dúvidas com relação às questões e ao preenchimento do mesmo, através de e-mail e vídeo conferência, durante duas semanas. Após, esse período, os questionários são devolvidos preenchidos (ver apêndice B), e os dados são tabulados. A partir das respostas dos questionários, os resultados para cada grupo de fatores direcionadores (produtos, processos, mercado e rede logística), bem como o total de pontos de cada empresa, são analisados. Em seguida, com base no critério de casos contrastantes, ou seja, a empresa que alcançam o menor número total de pontos, bem como aquela empresa com o maior número total de pontos, entre as participantes da pesquisa, podem então serem selecionadas como estudos de caso para testar o método de forma empírica.

Após a seleção das empresas para aplicação do método na forma de dois (2) estudos de caso contrastantes, são agendadas as visitas às mesmas. Durante a visita às empresas selecionadas, o questionário deve ser novamente aplicado, mas, dessa vez, em conjunto com os especialistas (gestores) das empresas, na forma de uma auditoria. O foco é fazer, durante a visita, uma validação das respostas dadas pelos respondentes (especialistas) e confirmá-las através de evidências objetivas (práticas, documentos e planos) encontradas durante a visita de campo. Seguindo, a próxima etapa do método busca determinar o escopo de análise da rede logística.

3.4.3. Definir o Escopo de Análise da Rede Logística

Nesta etapa do método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas, o escopo de análise do sistema logístico é definido, de forma a permitir a delimitação das fronteiras para análise do sistema, realizando através do mapeamento da cadeia de processos logísticos (ver seção 2.1.3).

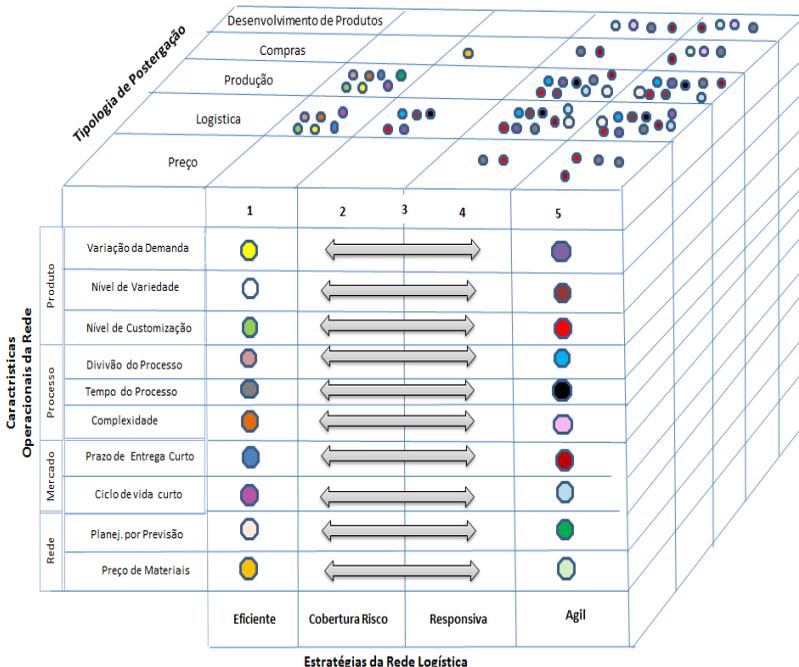
A técnica do mapeamento da cadeia de processos logísticos, assim como outras ferramentas de mapeamento, utiliza um conjunto de símbolos padronizados para sua elaboração e levantamento de determinados dados. Nesta etapa, também ocorreu o levantamento dos dados (ver apêndice C) utilizados como variáveis de entrada nos modelos analíticos e de simulação.

Após o mapeamento e levantamento de dados, foi possível identificar as opções de postergação na rede logística.

3.4.4. Identificar as Opções de Postergação da Rede Logística

Considerando as informações levantadas com o questionário para identificação das características operacionais da rede logística (ver apêndice B) e o conjunto de dados (ver apêndice C), levantados durante as visitas de campo realizadas, é possível identificar algumas opções de postergação na rede logística, utilizando uma ferramenta na forma de um cubo (ver Figura 25). O modelo teórico na forma de cubo (ver Figura 25) relaciona as cinco tipologias de postergação (ver seção 2.2.4), com os quatro fatores direcionadores da adaptação de estratégias de postergação em redes logísticas (ver seção 2.3) e as quatro diferentes estratégias de redes logísticas (ver seção 2.1.2), consideradas nesta tese. Dessa forma, foi usado como ferramenta teórica para seleção de estratégias de postergação em redes logísticas.

Figura 25 – Modelo teórico do cubo para seleção de estratégias de postergação em redes logísticas



O modelo teórico do cubo serviu também como base para o desenvolvimento do questionário (ver apêndice B) para identificar as características operacionais da rede logística (produto, processo, mercado e rede logística), e com isso, identificar as possíveis opções de estratégias de postergação (desenvolvimento de produto, compras, produção, logística e preço), bem como as estratégias da rede logística (eficiente, cobertura de risco, responsiva e ágil) a ser utilizada. Por exemplo, considerando o modelo do cubo da Figura 25, se a característica operacional relativa ao fator produto “variação da demanda” é baixa (nota 1), poucas são as opções de estratégias de postergação (apenas produção e logística), alinhada a uma estratégia eficiente de rede logística. Por outro lado, se a variação da demanda é muito alta (nota 5), isso favorece a utilização das estratégias de postergação e, por isso, as possíveis opções de postergação são muito maiores (ver Figura 25). Nesse caso, a estratégia da rede logística mais adequada é de uma rede logística ágil. Assim, dependendo das características operacionais da rede logística, essa ferramenta permite identificar e selecionar, conceitualmente, possíveis opções de estratégia de postergação, e, a partir daí criar um portfólio de estratégias mais adequadas para cada rede logística.

Entretanto, apesar da possibilidade de identificar as possíveis opções de estratégias de postergação para redes logísticas de forma teórica (ver Figura 25), foi preciso confirmá-la através de modelo analítico de natureza estática, cujo objetivo foi identificar os múltiplos pontos de penetração de pedidos (OPP) na rede logística, em função do prazo de entrega aceito pelos clientes (ver seção 3.4.4.1). A localização dos múltiplos OPP's na rede logística para esta tese servem como ponto de partida para avaliar e confirmar as diferentes opções de estratégias de postergação a serem recomendadas. De forma complementar, é realizada uma segunda confirmação através da análise dinâmica, usando simulação dos melhores cenários identificados na análise analítica (localização de múltiplos OPP's na rede logística), conforme descrito nas seções 3.4.4.1 e 3.4.4.2.

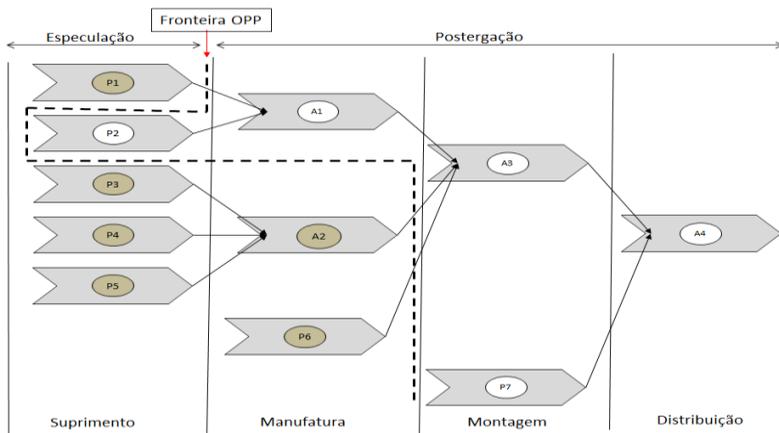
3.4.4.1 Análise Estática - Modelo Matemático para Localização dos Múltiplos Pontos de Penetração de Pedidos (OPP) em Redes Logísticas

O modelo analítico para a localização de múltiplos pontos de penetração de pedidos (OPP's) na rede logística teve como objetivo encontrar um conjunto de soluções otimizadas para localização do inventário, nos diversos pontos de estoque da rede logística. O modelo de

rede logística utilizado no desenvolvimento desta tese, foi baseado numa rede logística com topologia de um sistema convergente ou montagem (ver Figura 13).

Para representar o fluxo de um produto na rede logística, foi considerada a árvore de proliferação da família de produtos selecionadas. Usando uma lista de materiais (BOM – *Bill Of Materials*) da família de produtos, é possível mapear uma rede direcionada (ver Figura 26), descrevendo com precisão a rede para a família de produtos selecionada para o estudo.

Figura 26 – Rede logística baseada na lista de materiais de um produto (BOM)



Fonte: Adaptado de SUN, SUN e WANG (2008).

Os diferentes ramos da árvore de proliferação do produto estão espalhados e são completados ao longo dos diferentes processos da rede logística. Assim, para qualquer rede logística industrial com um produto final (ver Figura 26), existe uma composição de relações hierárquicas entre as diferentes matérias-primas, seus componentes e os produtos acabados. O tipo de relação existente é representado pela lista de materiais (BOM – *Bill Of Materials*) do produto final. Por exemplo, na Figura 26 está claro que as matérias-primas P1 e P2 são usadas para fabricar o produto semiacabado A1. De maneira similar, as matérias-primas P3, P4 e P5 são utilizadas para fabricar o produto semiacabado A2. Já o produto semiacabado A3 e a matéria prima P7 são usados para montar o produto final A4.

Ainda na rede logística mostrada na Figura 26, um processo é representado por uma seta que conecta um nó (componente) no início e um nó no final (produto acabado), indicando o começo e o final do processo. Os nós representam os materiais, componentes e produtos acabados, distribuídos ao longo dos vários pontos de estoque ao longo dos processos da rede logística (ver Figura 26). A árvore de proliferação do produto ilustra um sistema multi estágios de montagem, como muitos encontrados na prática.

A seta que vem do nó n indica o tempo dos processos (LTP) para os diferentes matérias, componentes e produtos i , e, esses processos podem incluir os processos de desenvolvimento produtos, compras, manufatura, montagem, embalagem, distribuição e precificação. Por exemplo, na Figura 26, o processo P1A1 representa o tempo para aquisição do material P1, enquanto o processo A1A3 representa o tempo de manufatura do componente A1. Além disso, apenas um nó final i é utilizado por aqueles nós ligados a ele. Por exemplo, A1 deve ser fabricado por P1 e P2.

A linha tracejada na Figura 26 representa a fronteira da eficiência entre as abordagens de especulação e postergação. A fronteira da eficiência é onde estão localizados os múltiplos OPP's na rede logística. Por exemplo, na Figura 26, o processo de compra dos componentes P2 e P7, os processos de fabricação, pré-montagem e montagem dos componentes A1, A3 e do produto final A4, usam as estratégias de postergação nos processos de fabricação, montagem e distribuição, enquanto todos os demais componentes (P1, P3, P4, P5, P6) e o A2, são comprados, fabricados ou montados, em antecipação à demanda, com base em previsões (abordagem de especulação), e por isso, estão disponíveis nos pontos de estoque.

Com base na rede logística ilustrada na Figura 26, um modelo analítico para localização de múltiplos OPP na rede logística pode ser desenvolvido, e a seguinte notação usada:

- (1) N = nº de nós baseado no número itens na rede;
- (2) n = indexação dos nós da rede, $n \in N$;
- (3) i = indexação dos itens da rede, $i \in N$;
- (4) D_i = demanda dos itens i por período de tempo;

A demanda D_i é denotada por uma variável randômica independente e identicamente distribuída, sendo normalmente distribuída com $N(\mu_i, \sigma_i)$.

(5) BOM (i, j) = a quantidade de materiais j necessários para cada componente i;

(6) S_i = custo fixo de produção (setup) no ponto de estoque n da rede N;

O parâmetro S_i foi introduzido para medir a economia de escala (SUN, SUN e WANG, 2008). O parâmetro K_i é o custo de pedido (ou *setup*), e, será grande em indústrias de aço e bebidas por causa dos altos custos fixos, favorecendo a especulação. Assim, o custo fixo S_i é representado pela expressão (5).

$$S_i = K_i/OI_i \quad (5)$$

Quando o item i usa a estratégia de especulação, OI_i é a quantidade econômica do pedido, que pode ser calculada conforme expressão 6.

$$OI_i = \sqrt{2K_i/b_i\mu_i} \quad (6)$$

Onde o custo de manutenção de estoque por unidade do item i é b_i , e, μ_i é a demanda média do componente i. (SUN, SUN e WANG, 2008). Contudo, quando o item i utiliza a estratégia de postergação, a realização dos diferentes processos (ex.: compras, produção, montagem, distribuição, etc.) são adiadas. Nesse caso, a expressão 7 pode ser utilizada (SUN, SUN e WANG, 2008).

$$S_i = K_i \quad (7)$$

Entretanto, alguns custos considerados no modelo matemático (ver 7-10) existem quando os processos dos itens i são realizados em antecipação à demanda dos clientes (estratégia de especulação), enquanto que na abordagem de postergação, esses custos serão iguais à zero (SUN, SUN e WANG, 2008), entre eles:

(7) I_i = custo de inventário do item i, conforme expressão 8 (ZIPKIN, 2000).

$$I_i = (b_i \cdot q_i) \quad (8)$$

Onde b_i é o custo de manutenção de estoque por unidade do item i, e, q_i refere-se a quantidade do item i (unidades) disponível no ponto de estoque n, com $n \in \{1, \dots, N\}$.

Além do custo de manter inventário do item i , também existe o custo de venda perdida, associado à falta de estoque dos itens i .

(8) O_i = custo de venda perdida do item i .

Quando a falta de estoque ocorre, existem duas consequências possíveis: uma é aceitar o pedido como atrasado, e, a outra, é a perda total do pedido. O custo de vendas perdidas é o lucro que seria obtido nesta venda (BALLOU, 2004). Assim, o custo de vendas perdidas do item i pode ser encontrado usando a expressão 9.

$$O_i = (q_i - D_i) \cdot e \quad (9)$$

Onde D_i é a demanda real no período, e , q_i refere-se a quantidade de item i (unidades) mantida no ponto de estoque n . Para quantificar a tolerância com a falta de estoque do item i na rede, um valor do custo unitário pela perda de venda e , é considerado no modelo analítico (ver expressão 9).

(9) A_i = custo de armazenagem do item i pode ser expresso conforme a expressão 10 (WINKLER, 2010).

$$A_i = (a_i \times C_{ai} \times q_i) \quad (10)$$

Onde, a_i refere-se a área ocupada por uma unidade do item i (m^2) no ponto de estoque n , C_{ai} é o custo do m^2 (R\$/ m^2) para armazenar um item i no ponto de estoque n , e , q_i refere-se a quantidade de itens i (unidades) armazenados no ponto de estoque n , com $n \in \{1, \dots, N\}$.

(10) T_i = Custo de transporte do item i , conforme a expressão 11.

$$T_i = (C_t \times F_t) \quad (11)$$

O custo do frete C_t para transportar uma unidade dos itens i do ponto de estoque n para o ponto $n+1$. Já F_t refere-se à quantidade de itens i (unidades) transportados em cada lote de produtos.

O Quadro 10 resume e compara os custos envolvidos quando os processos utilizam a abordagem de especulação e postergação. O Quadro 10 mostra que há cinco itens relacionados aos custos para a especulação, enquanto há apenas um custo relacionado à abordagem de postergação. Isso acontece porque a realização dos custos com postergação é adiada.

Entretanto, isso não significa que o custo logístico total com a abordagem de postergação é sempre menor que o custo com a abordagem de especulação (SUN, SUN e WANG, 2008).

Quadro 10 – Resumo dos componentes de custo logístico total utilizado na tese

Símbolo	Item de Custo	Especulação	Postergação
S_i	Custo Pedido (<i>Setup</i>)	$S_i = K_i / OI_i$	$S_i = K_i$
I_i	Custo de Estoque	$I_i = (b_i \cdot q_i)$	$I_i = 0$
O_i	Custo Vendas Perdidas	$O_i = (q_i - D_i) \cdot e$	$O_i = 0$
A_i	Custo de Armazenagem	$A_i = (a_i \times C_{ai} \times q_i)$	$A_i = 0$
T_i	Custo de Transporte	$T_i = (C_t \times F_t)$	$T_i = 0$
Custo Total	Soma dos Custos	CT_{especulação}	CT_{Postergação}

Fonte: Adaptado de SUN, SUN e WANG (2008)

Além da lógica considerada no cálculo dos custos totais, as principais variáveis do modelo estão relacionadas ao tempo de entrega ao cliente (DLT) e ao tempo do processo (LTP):

(11) DLT = tempo de entrega ao cliente

O tempo de entrega ao cliente é o tempo entre o cliente colocar um pedido e receber os produtos. É usado como restrição para a localização dos múltiplos OPP's na rede logística (ver expressão 16).

(12) LTP (\bar{X}) = tempo do processo de acordo com diferentes localizações do OPP (X).

O tempo do processo “é o maior fator a ser determinado com relação ao tempo de entrega requerido pelo mercado” (BUCKLIN, 1965; SUN, SUN e WANG, 2008). Isso significa que “essa variável é a maior restrição para o posicionamento dos múltiplos OPP's na rede logística” (SUN, SUN e WANG, 2008). Entretanto, a redução no tempo do processo (*lead time*) pode reduzir as restrições e levar a uma variada faixa de oportunidades para o posicionamento de múltiplos OPP's na rede logística. Por exemplo, quando múltiplos OPP's são localizados no final da rede logística (sentido dos clientes), LTP (\bar{X}) é igual à zero (0), e isso significa que todos os produtos são produzidos antecipadamente pela

estratégia de especulação. Por outro lado, quando múltiplos OPP's são localizados no início da rede logística (sentido dos fornecedores), LTP (\vec{X}) terá valores entre zero e o maior tempo em relação aos múltiplos OPP's dentro da rede. Assim, o modelo matemático permite encontrar uma combinação equilibrada entre as estratégias de especulação e postergação, sujeito a restrições de custos, prazo de entrega e nível de serviço.

(13) \vec{X} é a sequência de 0-1 usada para representar as decisões por especulação ou postergação do processo;

Onde:

$$\vec{X} = (x_1, x_2, \dots, x_i) \text{ com } x_i \in \{0, 1\}$$

Portanto, quando as atividades dos processos dos componentes e produtos i são postergadas a variável de decisão $x_i = 1$. Por outro lado, quando a variável de decisão $x_i = 0$, os componentes e produtos i usam a abordagem de especulação. Essa linha descreve os múltiplos OPP's existentes na rede logística, conforme ilustrado na Tabela 2, sendo que todos os OPP's formam a linha divisória (ver linha tracejada da Figura 26) entre os processos realizados em antecipação às demandas dos clientes e àquelas atividades iniciadas após o recebimento dos pedidos, ou postergadas (ver Tabela 2).

Tabela 2 – Posicionamento dos diferentes OPP's na rede logística

Variáveis/Produtos	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	A1	A2	A3	A4
Localização OPP (\vec{X})	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1
Item sucessor	A1	A1	A2	A2	A2	A3	A4	A3	A3	A4	-
Tempo de processo (LTP)	18	3	5	7	12	9	15	12	6	5	9

Fonte: Adaptado de SUN, SUN e WANG (2008)

Conforme Tabela 2, os componentes são sequenciados com uma ordem predeterminada. Por exemplo, para o componente P1, o valor na primeira coluna da variável de decisão é 0, pois o mesmo é comprado de forma antecipada. Já para o componente P2 (ver Tabela 1), na segunda coluna, o valor da variável de decisão é 1, uma vez que a sua compra é postergada, e assim, sucessivamente. Dessa forma, supondo que os componentes e produtos acabados possam ser baseados na livre escolha

entre postergar ou especular, é possível balancear o nível de serviço e o custo logístico total da rede, em relação ao prazo de entrega. O objetivo é encontrar melhor solução onde menor custo logístico é alcançado, considerando como critério o prazo de entrega tolerado pelo cliente. Assim, um modelo matemático que expresse essas relações na rede logística (ver Figura 26) pode ser formulado.

$$CT = (\text{Custo de Produção}) + (\text{Custo de Estoque}) + (\text{Custo de Falta}) + (\text{Custo de Armazenagem}) + (\text{Custo de Transporte})$$

Esse objetivo pode ser escrito como a expressão 12.

$$\sum_{i=1}^N (S_i + I_i + O_i + A_i + T_i) \quad (12)$$

O primeiro termo da expressão 12 (S_i) refere-se ao custo fixo do processo (pedido ou *setup*), e, depende apenas do tamanho do lote de compra (fabricação) do item i (ver Quadro 10). Já os demais custos da expressão 12, referem-se aos custos variáveis, e são relativos ao inventário (I_i), a falta de estoque (O_i), a armazenagem (A_i) e ao transporte (T_i). Esses custos estão diretamente relacionados ao nível de atividade da rede logística, ou seja, a quantidade do item i mantida no ponto de estoque n , com exceção do custo de transporte que é proporcional ao tamanho de lote utilizado na distribuição dos produtos.

Uma forma de resolver o problema da expressão 12 é como um problema de designação baseada em programação linear inteira com variáveis binárias. Dessa forma, a função objetivo, que permite encontrar uma combinação equilibrada entre as abordagens de especulação e postergação, e que minimiza o custo total da rede, pode ser escrita conforme a expressão 13.

$$\text{Min. } Z = \sum_{i=1}^N W_i \cdot x_i \quad (13)$$

Onde a constante W_i é o custo total da rede relacionada à decisão de especular ou postergar o processo do item i , e, pode ser calculada pela expressão 14.

$$\sum_{i=1}^N (CT_{\text{Especular}} - CT_{\text{Postergar}}) \quad (14)$$

E, como definido anteriormente, $x_i \in \{0,1\}$.

Segundo a expressão 14, se o custo total de postergar for maior que o custo de especular, ou seja, os valores de custo total são negativos (maior custo fixo devido à perdas de economia de escala), a opção da estratégia de postergação não é uma boa opção.

Entretanto, tomar a decisão com foco apenas no custo total da rede, não deve ser a única dimensão a ser considerada na resolução desse problema. Além do custo total da rede, o tempo (*lead time*) tornou-se um direcionador da competitividade, uma vez que, prazos de entrega curtos e confiáveis significam maior flexibilidade de resposta às exigências dos clientes. Além disso, quanto menor o tempo entre o recebimento do pedido e a sua entrega ao cliente, menor será o custo total da rede logística no atendimento das necessidades dos clientes.

Considerando o acima exposto, e sabendo que o foco desta tese é a postergação com base no tempo, a expressão matemática do modelo para localização de múltiplos OPP's na rede logística (expressão 13), pode ser reescrita conforme a expressão 15, de forma a maximizar o número de processos postergados da rede, considerando o tempo de entrega exigido pelo cliente, e, os respectivos custos de especular e postergar, pode ser formulado.

$$\text{Max. } Z = \sum_{i=1}^N X_i \quad (15)$$

Sujeita a seguinte restrição (16):

$$\sum_{i=1}^N LTP(\vec{X}) \leq DLT \quad (16)$$

E, como definido anteriormente, $x_i \in \{0,1\}$.

Onde $LTP(\vec{X})$ é o tempo de processo dos produtos acabados de acordo com a localização de $X_i \{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\}$ no ponto de estoque n , o qual é determinado pelo modelo matemático utilizado (ver expressão 15). Já DLT é o tempo de entrega requerido pelo cliente (ver expressão 16).

Assim, a função-objetivo (expressão 15) maximiza a postergação dos processos da rede envolvidos e a restrição (expressão 16) garante que a soma do tempo dos processos envolvidos seja menor que tempo de

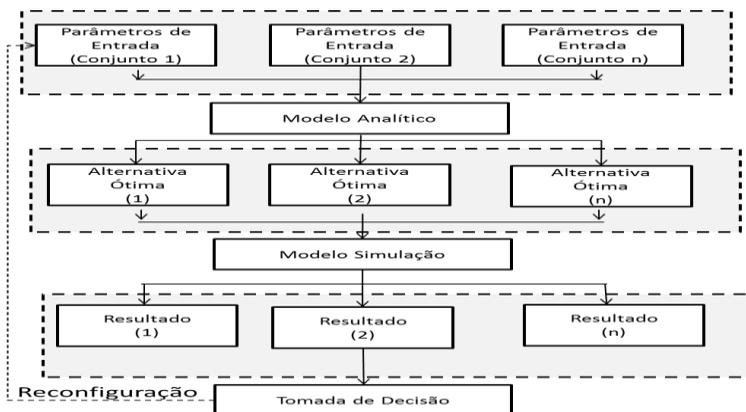
entrega aceito pelo cliente, e, que as variáveis de decisão envolvidas (X_i) assumam apenas os valores de 0 e 1.

Após o desenvolvimento da modelagem analítica para localização de múltiplos OPP's na rede logística (ver expressões 15 e 16), apresentado nesta seção, a próxima questão é como obter uma solução satisfatória do modelo. Para isso, podemos computar o tempo do processo (LTP) e seus respectivos custos para um componente ou produto i , quando a variável de decisão X_i , são encontradas. Assim, se o tempo do processo (LTP), considerando uma linha do tempo, for igual à zero ($LT_i = 0$), indica que o processo do componente ou produto i é realizado de forma antecipada (especulação), ou seja, inventário é mantido no ponto de estoque n (localização do OPP). Por outro lado, se o tempo do processo (LTP) do componente ou produto i é igual a um ($LT_i = 1$), indica que o processo do componente ou produto i é realizado de forma postergada, ou seja, inventário não é mantido no ponto de estoque n . Dessa forma, uma rede de processos pode ser criada, e nesse caso, o tempo do processo (LTP) é igual ao caminho crítico desde um nó inicial até um nó final na rede. A restrição (16) é igual para todos os caminhos do ponto de início até o ponto final, e deverá ser menor que o tempo de atendimento aceito pelo cliente.

Após a modelagem matemática estática (analítica) para localização de múltiplos OPP's na rede logística apresentada nesta seção, a mesma foi traduzida para linguagem do software de otimização LINDO (ver apêndice D), sendo as alternativas ótimas encontradas, baseada no equilíbrio entre as abordagens especulação e postergação na rede logística. Em seguida, as alternativas ótimas, para a localização dos múltiplos OPP's na rede logística são então utilizadas como variáveis de entrada do modelo de simulação, conforme a Figura 27.

O primeiro bloco da abordagem integrada, ilustrada na Figura 27, mostra que o conjunto de dados obtidos durante o levantamento de campo, são usados como variáveis de entrada do modelo analítico apresentado na seção 3.4.4.1. As alternativas ótimas geradas no modelo analítico (segundo bloco da Figura 27), são usadas como variáveis de entrada em um modelo de simulação.

Figura 27– Diagrama esquemático para uma abordagem integrada na seleção das estratégias de postergação na rede logística



Fonte: Autor

Após a análise estática, o modelo proposto considera a análise dinâmica.

3.4.4.2 Análise Dinâmica - Modelo de Simulação para Seleção de Estratégias de Postergação em Redes Logísticas usando OTD-NET

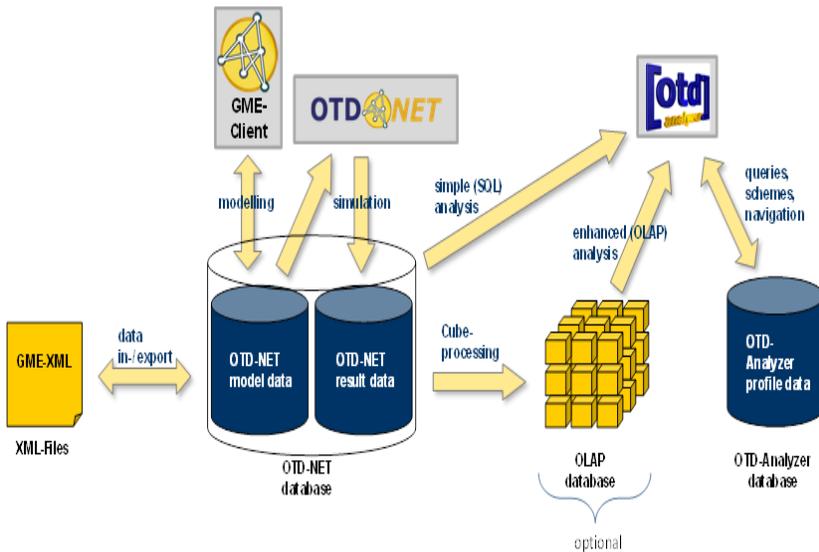
Neste estudo, a ferramenta de simulação OTD-NET, desenvolvida pelo *Fraunhofer-Institut für Materialsfluss und Logistik (IML)*, localizado em Dortmund, na Alemanha, é aplicada. Com uma abordagem holística para modelagem e simulação de redes de produção e logística complexas, o software de simulação OTD-NET permite o conhecimento sobre o fluxo de material e informação, o nível de estoque, a estabilidade da rede, as condições das interfaces dos estágios, bem como as suas restrições (WAGENITZ, 2007).

O OTD-NET é baseado no conceito de objeto orientado, onde classes e objetos são usados para descrever os modelos de simulação (WAGENTZ, 2007). O módulo GME do OTD-NET permite ao usuário mapear todos os elementos da rede (ex.: canais de distribuição, inventários, clientes, varejista), bem como muitos parâmetros de influência (ex.: estrutura de produto; política de inventário, plano de transporte e janelas de entrega) num selecionado nível de detalhes. Como uma ferramenta de simulação orientada por objetos, o simulador OTD-NET já tem incorporados classes como “plantas”, “produtos” e “clientes” (WAGENITZ, 2007), que são usados para construir, instantaneamente,

esses objetos no modelo de simulação. Entretanto, o OTD-NET não prove classes como “armazéns” ou “centros de distribuição” como representação dos nós da rede logística (ex.: pontos de estoque) na estrutura das classes. Ao invés disso, um conceito inovador denominado “canal de distribuição” é introduzido, “o que implica que os produtos estão sempre em fluxo até chegar ao cliente final” (WAGENITZ, 2007). Desse modo, um canal de distribuição pode representar tanto uma rota de um canal logístico atual, com o ponto de início e ponto final localizados em diferentes posições. Além disso, OTD-NET permite modelar redes de produção e logística, com variação arbitrária de estruturas de rede verticais e horizontais.

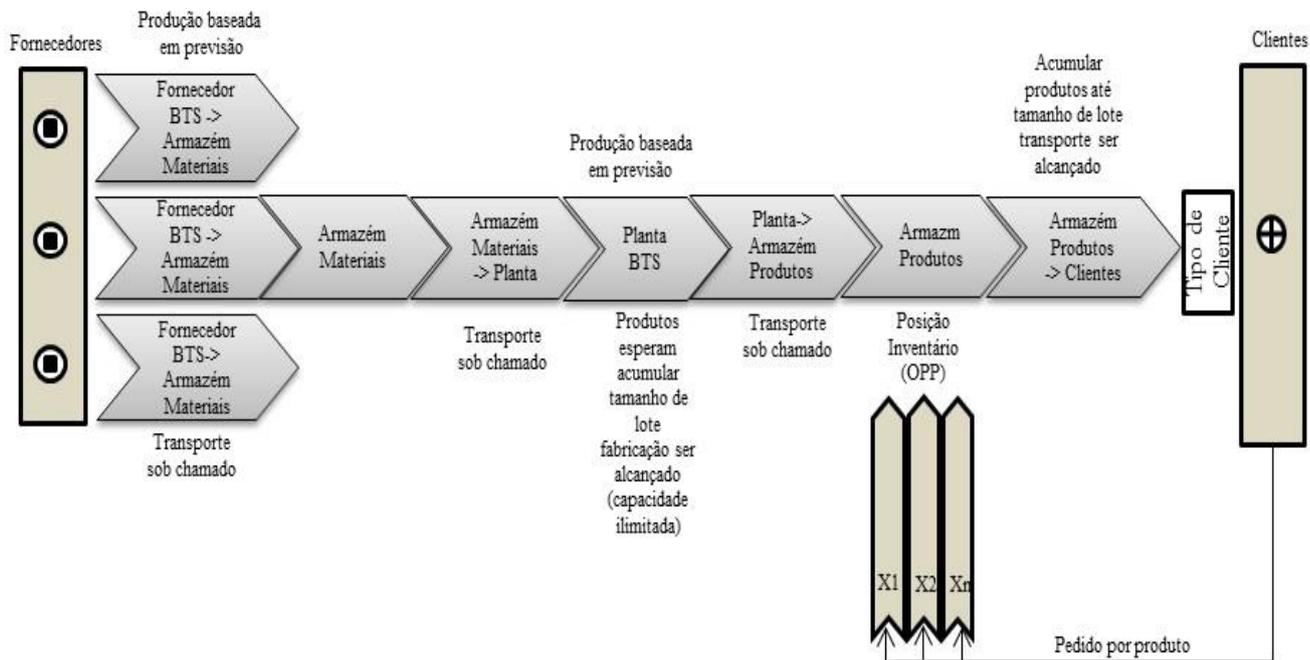
A arquitetura detalhada do OTD-NET é apresentada na Figura 28. As seções centrais da Figura 28 estão relacionadas com as tarefas de gestão dos dados. O simulador-OTD age especificamente como o coração do OTD-NET, uma vez que ele manipula os algoritmos (KLINGBEL,2009). Com uma interface para modelagem, o módulo GME é utilizado para construir os modelos de simulação.

Figura 28– Arquitetura simulador OTD-NET



Fonte: Adaptado de KLINGENBEL (2009)

Figura 29 – Modelo de estrutura da rede logística com OTD-NET



Fonte: Autor

Já o banco de dados do OTD-NET é composto pelos dados do modelo e os dados dos resultados da simulação. O banco de dados dos resultados é claramente definido e gravado em um banco de dados independente (ex.: SQL-Server, Oracle), assim, os resultados podem ser coletados e analisados em outros aplicativos e ferramentas como Excel, através da interface XML ou exportação. Por sua vez, o módulo analisador-OTD, foi originalmente desenvolvido para análises baseadas em indicadores de outros projetos (CIRULLES, 2009) e, por isso, não é objeto de descrição, uma vez que não será utilizado nessa pesquisa.

Para a completa representação do fluxo de inventário através da rede logística, desde um fornecedor externo (ou planta) até o cliente final, o modelo de simulação para a seleção de estratégias de postergação em redes logísticas foi modelado a partir dos seguintes aspectos: o primeiro é que represente a estrutura da rede logística; o segundo aspecto é que realize estratégias de postergação definidas; e, o terceiro, é que reflita a variação da demanda dos clientes. Assim, usando a perspectiva do modelo da cadeia de processo (ver Figura 13), os dois primeiros aspectos podem ser relacionados como parâmetros de projeto, uma vez que ambos configuram a rede logística, através dos fatores estrutura e controle, respectivamente, enquanto o último aspecto define diretamente o carregamento do sistema. A representação estrutura da rede logística modelada com OTD-NET está ilustrada na Figura 29.

Figura 30 – Etapas do Processo de Simulação



Fonte: Autor

A estrutura mostrada na Figura 29, representa o modelo geral de simulação considerada nesta tese. Inicialmente, o modelo geral é modelado com diferentes fornecedores externos, uma planta de manufatura com diversos processos e pontos de estoque, e um único mercado final. O modelo geral pode ser então configurado com as condições operacionais atuais de cada rede logística analisada, usando os dados coletados na pesquisa de campo. Para assegurar que os dados do modelo refletem com precisão o problema de configuração das redes analisadas, é necessário fazer a validação dos dados e do modelo utilizado. Esse processo é realizado reconstruindo-se a configuração da rede existente, que utiliza o modelo de simulação e os dados coletados, e, em seguida compara-se as saídas do modelo com os dados disponíveis (ex.: vendas, produção, etc.).

Após a validação do modelo e dos dados, o modelo de simulação recebeu os melhores resultados de cada cenário da otimização analítica (ver Figura 27), com a quantidade e localização do inventário na rede e tempos de entrega aceitos ao cliente. Em seguida (ver Figura 29), estes resultados foram convertidos em parâmetros (previsão da demanda, tempos de processos, nível de estoque, tamanho lotes, estrutura do produto, variação da demanda), que por sua vez, são definidos dentro do simulador OTD-NET. Assim, através da configuração de cada cenário, no modelo de simulação, são conduzidos os experimentos, conforme Figura 30. Os resultados da simulação são coletados (demanda, nível de estoque, *lead time* do pedido, quantidade produzida, quantidade entregue), e, usados para calcular as medidas de desempenho da rede logística (custo logístico total, prazo de atendimento do pedido e nível de serviço (ou *fill rate*)).

Como resultado da utilização da abordagem estática e dinâmica, ao final, é possível fazer algumas avaliações e recomendações para a seleção de um portfólio de estratégias de postergação para cada rede logística analisada.

3.4.5 Avaliação e Recomendações

Com base na confirmação dos resultados dos diferentes cenários simulados no modelo de simulação, um portfólio de estratégias de postergação é sugerido. Entretanto, esse portfólio de estratégias de postergação deve estar alinhado às diferentes propostas de valor da empresa e às estratégias da rede logística. Assim, para cada um dos segmentos de produtos e clientes identificados, uma proposta de valor específica foi desenvolvida (ex.: prazo de entrega, custo do produto,

número opções e nível de customização do produto). O Quadro 11 ilustra o exemplo de um portfólio de estratégias de postergação para uma rede logística, e mostra que para o segmento de produtos e clientes 1 (configurações padrão) não existem opções para customização do produto, e, por isso, seu preço de venda é mais barato (economia de escala na produção e distribuição usando especulação). Contudo, o prazo de entrega para este segmento é imediato. Nesse segmento, produtos acabados padronizados (mas com diferentes características) são mantidos em um ponto da rede logística próximo ao cliente. Por isso, uma estratégia de postergação logística (ver seção 2.2.4) pode ser aplicada. Por sua vez, para o segmento de produtos e clientes 2 (configurações limitadas), o cliente tem a opção de escolher a configuração final do produto, a partir de um número limitado de opções de componentes. Contudo, o prazo de entrega e o preço são maiores que no segmento anterior, uma vez que o processo final de montagem é postergado (postergação de montagem).

Quadro 11 – Exemplo de um portfólio de estratégias de postergação

Segmento Produto-Cliente		Estratégia de Postergação	Proposta de Valor
1. Configuração Padrão (Sem Opções de configuração)		Logística	Prazo = 1 dia Nº Opções = ** Preço = \$\$
2. Configuração Limitada (Pouco número de opções)		Montagem	Prazo = 5 dias Nº Opções = *** Preço = \$\$\$
3. Configurado pelo Cliente (Grande número de opções)		Produção	Prazo = 20 dias Nº Opções = **** Preço = \$\$\$\$
4. Projeto com Cliente (Opções ilimitadas)		Desenvolvimento De Produtos	Prazo = 90 dias Nº Opções = ***** Preço = \$\$\$\$\$

Fonte: Autor

Porém, para o segmento de produtos e clientes 2 (configurações limitadas), o cliente tem a opção de escolher a configuração final do produto a partir de um número limitado de opções de componentes, o

prazo de entrega e o preço são maiores que no segmento anterior, uma vez que o processo final de montagem é postergado (postergação de montagem). Já para o segmento de produtos e clientes 3 (configurado pelo cliente), as opções de escolha de componentes customizados são bem maiores, e o cliente pode escolher com base em um catálogo, as opções de configurações finais dos produtos. Nesse caso, os preços dos produtos, bem como os prazos de entrega, também são mais elevados (ver Quadro 11). Aqui, diferentes estratégias de postergação da produção (manufatura, montagem, embalagem e etiquetagem) podem ser utilizadas. Por fim, no segmento de produtos e clientes 4, as opções de configuração permitidas aos clientes são ilimitadas, uma vez que os mesmos são projetados pelo cliente. Dessa forma, existe um alto nível de customização pois, o cliente pode configurar o produto, a partir de uma grande variedade de designs, componentes e materiais disponíveis no mercado. Nesse segmento, a proposta de valor desse segmento considerou que o cliente tem uma grande variedade de opções de produtos e um nível de customização máximo. Entretanto, um prazo de entrega é mais longo devido a exclusividade, além de um preço de venda do produto ser muito maior. A estratégia de postergação escolhida para este segmento é a de desenvolvimento de produto.

Ao final, um portfólio de estratégias de postergação pode ser sugerido (ver Quadro 11) e avaliado em termos de custo total da rede, prazo de entrega do pedido e nível de serviço (ver seção 3.3). Dessa forma, os impactos da sua utilização podem ser medidos e as diferentes recomendações podem ser comparadas.

3.5 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Este capítulo apresentou a abordagem da cadeia de processos como um guia para a seleção de estratégias de postergação em redes logísticas. Além disso, foram identificados os fatores direcionadores da adaptação de estratégias de postergação e o conjunto de indicadores para medir e avaliar o desempenho de redes logísticas utilizando essa estratégia. Essas duas abordagens são combinadas, e, como resultado, um novo método para a seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas é desenvolvido. O método proposto foi concebido para que sirva de guia tático (gerencial) de forma a dar suporte na tomada de decisão com relação à adaptação de estratégias de postergação em redes logísticas industriais. O método proposto utiliza uma combinação balanceada, entre as estratégias de especulação e postergação, sujeita a restrições de custo logístico total, prazo de entrega e nível de serviço.

O próximo capítulo apresenta os resultados do teste empírico do método para a seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas, de forma a permitir a análise da funcionalidade do método e a validade dos dados utilizados no seu desenvolvimento.

4. ABORDAGEM EMPÍRICA DO MÉTODO PARA SELEÇÃO DE UM PORTFÓLIO DE ESTRATÉGIAS DE POSTERGAÇÃO EM REDES LOGÍSTICAS

Neste capítulo, dois estudos de caso foram analisados de forma a testar empiricamente o método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação para redes logísticas. O objetivo, nos dois estudos de caso, foi determinar, a partir das condições operacionais atuais, obtidas através do levantamento de dados realizados por questionário (ver apêndice B) e pelo mapeamento da rede logística (ver seção 4.4), primeiramente, para a localização dos múltiplos OPP's na rede. A partir dos resultados da otimização analítica e a sua confirmação através do modelo de simulação, foi possível selecionar um portfólio de estratégias de postergação para as redes logísticas analisadas. Para isso, inicialmente, ocorreu o processo de escolha dos dois estudos de caso contrastantes. Na sequência, as informações básicas e das redes logísticas selecionadas, são apresentadas e discutidas. Por fim, o método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação foi aplicado e um portfólio de estratégias de postergação é sugerido para os dois estudos de caso selecionados.

4.1 ESTUDOS DE CASOS MÚLTIPLOS E CONTRASTANTES

Após o desenvolvimento do método, dos instrumentos de levantamento de dados e dos indicadores de desempenho, conforme a etapa 9 do processo de desenvolvimento da pesquisa (ver Figura 4), foi realizada a legitimação dos mesmos com especialistas da indústria (ver apêndice A). Participaram do processo de legitimação, especialistas de cinco (5) empresas brasileiras de diferentes setores industriais (ver apêndice A). Das cinco empresas convidadas, duas empresas estão localizadas em Santa Catarina, nas cidades de Brusque e Palhoça, e, três empresas estão localizadas no Amazonas, na cidade de Manaus. Para todas as cinco empresas participantes, foram considerados os seguintes aspectos: conhecimento sobre o tema postergação na rede logística; experiência na área de pesquisa ou gestão; e; disponibilidade para se envolver no processo de legitimação e na pesquisa de campo, durante o período de sua realização (uma semana).

O processo de legitimação do método proposto, pelos especialistas, foi realizado através de um processo interativo com os cinco gestores das empresas participantes, e teve uma duração de aproximadamente 30 dias. Inicialmente, um resumo do projeto de pesquisa com as informações relativas aos objetivos da pesquisa, contendo as principais definições e

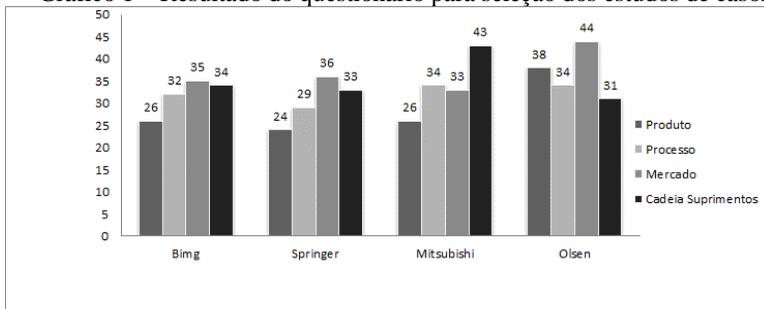
conceitos utilizados, o método proposto, o questionário, a lista de dados e os indicadores de desempenho, foram enviados por meio eletrônico. Essa etapa serviu para um entendimento inicial do projeto de pesquisa pelos participantes. Em seguida, foram realizadas videoconferências individuais com o gestor de cada empresa, agora com o objetivo de apresentar o projeto de pesquisa e também dirimir e discutir eventuais dúvidas. Nessa etapa, os gestores também descreveram as características operacionais gerais de suas redes logísticas (nº funcionários, faturamento, tipo de produtos, mercados atendidos, etc.), bem como a sua visão quanto a aplicabilidade de postergação ao longo da rede logística sob sua gestão.

Finalizada essa primeira etapa, o instrumento com parecer de legitimação dos especialistas (apêndice A) foi então enviado para preenchimento pelas cinco (5) empresas participantes, e sua posterior devolução com o devido registro e considerações para ajustes (ver apêndice A). A fim de esclarecer as questões relacionadas ao tema, bem como eventuais dúvidas sobre o preenchimento desse instrumento de pesquisa, foram definidas datas para o suporte a cada gestor das cinco (5) empresas participantes, realizado através de videoconferências individuais. Após a etapa de legitimação do método pelos especialistas e suas considerações (ver seção 1.7.3) em relação ao método para seleção de estratégias de postergação em redes logísticas proposto, as respostas foram então analisadas. Porém, poucos ajustes foram sugeridos pelos gestores.

Na etapa seguinte foi realizada a aplicação do questionário para levantamento das condições operacionais da rede logística (ver apêndice B). Nessa etapa, um questionário padronizado, usado como instrumento para levantamento das condições operacionais da rede logística também foi enviado no formato eletrônico, através de e-mail para preenchimento pelas cinco (5) empresas participantes. O questionário teve como objetivo permitir a identificação das características operacionais de cada uma das redes logísticas. Essa etapa teve uma duração de aproximadamente 15 dias. Entretanto, durante essa etapa da pesquisa, uma das três empresas de Manaus, declinou da continuidade de sua participação na pesquisa. O motivo alegado foi a falta de disponibilidade de tempo para participar em virtude de mudanças ocorridas na direção da empresa. Assim, a aplicação do questionário para levantamento das condições operacionais da rede logística (ver apêndice B), foi realizada com apenas quatro (4) empresas - Bimg, Springer, Mitsubishi e Olsen. As respostas dos gestores de cada uma das empresas, em relação aos quatro fatores direcionadores da adaptação de estratégias de postergação (produto, processo, mercado e rede logística) em redes logísticas utilizados nesta tese, foram então

tabuladas em planilha Excel. Após a análise dos resultados da pontuação obtidos pela aplicação do questionário, foi realizada a seleção de dois estudos de casos contrastantes para testar o método proposto nesta tese. A utilização desse critério foi motivada para testar o método em dois estudos de casos com características operacionais opostas. Dessa forma, esse critério permitiu testar a aderência e a sensibilidade do método proposto, bem como do instrumento de levantamento de dados em redes logísticas com características operacionais contrastantes como as redes logísticas analisadas. Ao final, os resultados com a pontuação total do questionário para a identificação das características operacionais de cada uma das quatro (4) redes logísticas participantes nessa etapa, permitiu a seleção dos dois (2) estudos de caso para testar empiricamente o método desenvolvido nesta tese, conforme apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Resultado do questionário para seleção dos estudos de casos



Fonte: Autor

O critério geral utilizado para seleção dos dois estudos de caso recaiu sobre as empresas com o maior e menor número total de pontos, em relação a todos os fatores direcionadores considerados, conforme mostra o Gráfico 1. Enquanto o critério maior número total de pontos foi utilizado como um indicativo de uma rede logística com maiores possibilidades de aplicação de estratégias de postergação na rede logística (ver Tabela 3), por outro lado, o critério menor número total de pontos, indicou aquela rede logística que possui características com menores possibilidades de adaptação de estratégias de postergação. A Tabela 3 apresenta um resumo com os resultados das quatro empresas analisadas, com relação ao número de pontos e seu índice em relação ao total de pontos possíveis (220 pontos), para as quatro (4) características operacionais analisadas (produto, processo, mercado e rede logística). Assim, baseado no critério de maior pontuação total da Tabela 3, o

primeiro caso selecionado foi a empresa Olsen, que alcançou a nota máxima de 146 pontos ou 66,36% do total possível (44 questões x nota 5 = 220 pontos). Por sua vez, a nota mínima de 118 pontos ou 53,64% do total possível, foi alcançada pela empresa Springer, e, por isso, esse foi o segundo caso selecionado para testar o método proposto (ver Figura 24).

Tabela 3 – Resumo resultados questionário para os estudos de casos

Empresas	Produto		Processo		Mercado		Rede Logística		Total	
	Pontos	Índice	Pontos	Índice	Pontos	Índice	Pontos	Índice	Pontos	Índice
Bing	26	59,09%	32	72,73%	35	79,55%	30	68,18%	123	55,90%
Springer	25	56,82%	29	65,91%	38	86,36%	26	59,09%	118	53,63%
Mitsubishi	26	59,09%	34	77,27%	33	75,00%	33	75,00%	126	57,27%
Olsen	42	95,45%	37	84,09%	43	97,73%	24	54,55%	146	66,36%

Fonte: Autor

Todavia, durante a pesquisa de campo, o questionário para levantamento das características operacionais das redes logística (Springer e Olsen), foi aplicado novamente, em conjunto com os gestores das empresas, no formato de uma auditoria para verificação de discrepâncias, nas respostas de ambas as redes logísticas analisadas. Entretanto, não foram identificadas discrepâncias

Na seção 4.2 é apresentado os resultados do teste empírico de cada etapa do método para seleção de um portfólio de postergação em redes logísticas proposto.

4.2 DEFINIÇÃO DA FAMÍLIA DE PRODUTOS

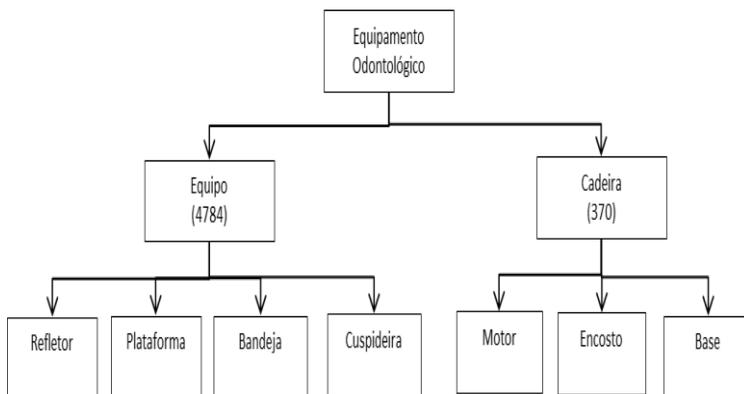
Esta seção inicia com uma breve apresentação dos dois (2) estudos de casos selecionados (Springer e Olsen), bem como dos dados levantados, a partir da escolha de uma família de produtos pelas empresas, conforme seções 4.2.1 e 4.2.2.

4.2.1 Estudo de Caso 1 – Olsen

A empresa Olsen é uma empresa industrial de porte médio, localizada em Santa Catarina. Está no mercado há 32 anos, e, seu foco é a fabricação e comercialização de equipamentos odontológicos e médicos. A empresa possui, atualmente, 250 funcionários e produz

aproximadamente 400 equipamentos por mês, que são vendidos para o mercado Brasileiro e para mais de 100 países. Para testar o método, a empresa escolheu a família de produtos equipamentos odontológicos, e considerou como critérios para essa decisão, o maior volume produzido, e, seu maior peso no faturamento. Essa família de produtos pode ser classificada como produto um inovador (ver seção 2.3.4.), e por isso tem uma grande variedade de configuração de produtos acabados (aproximadamente 1.770.080 diferentes possibilidades de configurações dos produtos finais) que são formados a partir de uma grande gama de opções disponíveis (ex.: cores, componentes, acessórios, periféricos, etc.). Além disso, o produto tem características modular, e, isso permite oferecer um alto nível de variedade e opções de customização aos clientes. A estrutura do produto para a família de equipamentos odontológicos e suas inúmeras possibilidades de variedade está ilustrada na Figura 31.

Figura 31 – Estrutura da família de produto cadeira odontológica e variedade



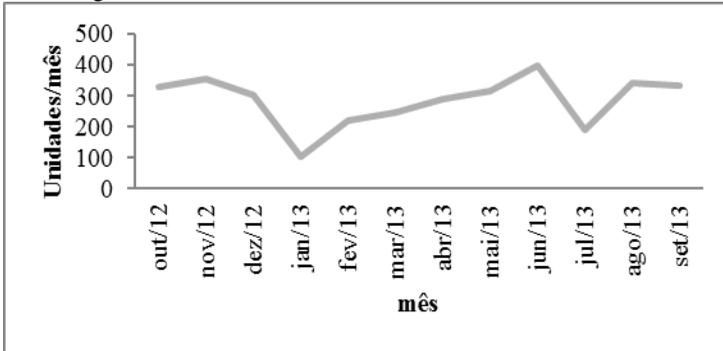
Fonte: Olsen

Um equipamento odontológico é formado por duas partes principais (ver Figura 31): (1) cadeira; e; (2) equipo. Só a cadeira possui 370 opções de configuração final, e é formada pelos componentes motor, encosto e base. Já o equipo é formado pelos vários componentes (refletor, plataforma, bandeja e cuspideira), e, possui aproximadamente 4.784 configurações finais (ver Figura 31).

Além da estrutura dos produtos da família selecionada, outra informação levantada nessa fase, está relacionada ao perfil da demanda dos produtos da família equipamentos odontológicos, conforme

registrado no Gráfico 2. Os dados levantados no Gráfico 2 são relativos ao número de produtos faturados (equipamentos odontológicos) pela empresa nos últimos 12 meses.

Gráfico 2 – Perfil da demanda dos produtos da família equipamento odontológico Olsen



Fonte: Olsen

O Gráfico 2 mostra uma visão das características de variabilidade da demanda dos clientes na rede logística Olsen. Os dados agregados da demanda mensal mostram um alto nível de turbulência, sazonalidade e interrupção em alguns períodos analisados.

Todavia, além dos dados relativos à estrutura dos produtos e do perfil da demanda, para capturar uma visão clara das características da variação da demanda na rede logística Olsen, foram calculadas, para cada produto dessa família, a demanda média mensal e seu desvio padrão; além dos coeficientes de variação da demanda (cv). Os resultados estão resumidos na Tabela 4. A análise dos resultados da Tabela 4 mostra uma demanda média mensal relativamente baixa para cada produto da família equipamentos odontológicos, embora, os seus desvios padrões sejam altos. Os resultados mostrados na Tabela 4 também indicam a existência de um pequeno número de produtos com coeficientes de variação da demanda, abaixo do valor 0,4 ($cv < 0,4$). Os produtos com essas características são fortes candidatos a uma abordagem especulativa, devido a sua baixa incerteza da demanda. Por outro lado, a grande maioria dos produtos listados na Tabela 4 são mais adequados para utilizar uma abordagem de postergação. Isso ocorre porque os seus coeficientes de variação da demanda (cv) estão acima do valor 0,4, e, por isso, esses produtos possuem uma alta incerteza da demanda ($cv > 0,4$). A análise do volume variedade realizada mostra que, apesar da grande

variedade de opções para as configurações finais oferecidas dentro da família equipamentos odontológicos, apenas dezesseis (16) configurações de produtos acabados foram adquiridas pelos clientes nos últimos doze (12) meses (ver Quadro 4).

Tabela 4 – Volume e variabilidade da demanda Olsen

#	Produtos	Média	Desvio-Padrão	cv
1	990040001	84	43	0,5
2	990020003	43	67	1,6
3	991010002	33	31	1,0
4	990020005	33	35	1,1
5	990030009	29	19	0,6
6	990030007	29	13	0,4
7	991030004	15	5	0,3
8	991030001	7	11	1,6
9	991030003	7	1	0,1
10	991010003	5	19	3,9
11	990030006	4	4	1,0
12	991030009	4	4	1,1
13	990020006	4	2	0,6
14	991010001	2	15	7,4
15	991030007	1	20	20,3
16	991030008	1	1	1,2

Fonte: Autor

Em seguida, foi realizada uma análise através da curva ABC de vendas. O resultado da análise ABC de vendas dos produtos em unidades, considerando um período de 12 meses, está ilustrada na Tabela 5.

Tabela 5 – Resumo análise ABC de vendas Olsen

CLASSE	ITENS	% Acumulado
A	5	75,60%
B	4	18,60%
C	7	5,80%
TOTAL	25	100,00%

Fonte: Autor

A análise ABC de vendas anuais mostra também que do total de dezesseis (16) produtos acabados, apenas cinco (5) modelos, ou aproximadamente 30% dos itens comercializados, correspondem a 75,6%

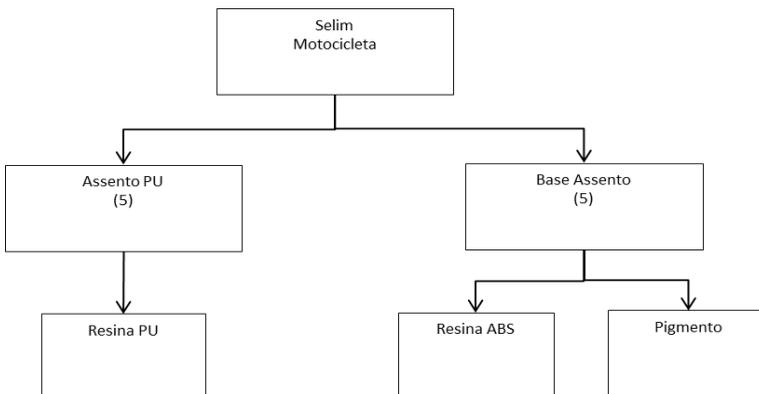
do total das unidades vendidas. Os outros onze (11) itens (ou 70% dos itens comercializados) correspondem juntos, a apenas 24,4% das vendas.

Por fim, também foi levantado que o atual prazo de entrega aceito pelos clientes para a família de produtos selecionada é de aproximadamente cinco (5) dias, conforme dados fornecidos pela gerência comercial e pelo PCP (Planejamento e Controle da Produção) da empresa. A seguir, é apresentado os resultados preliminares do estudo de caso 2.

4.2.2 Estudo de Caso 2 – Springer

A Springer Plásticos da Amazônia SA é uma empresa com sede no distrito industrial de Manaus, no Estado do Amazonas, está no mercado há 38 anos, e, tem aproximadamente 380 funcionários. É uma empresa industrial de médio porte, fabricante de peças plásticas injetadas e acabadas, além da injeção em poliuretano, pintura, pré-montagens e montagem de diferentes tipos de peças, para diferentes segmentos industriais como: eletrônico, máquinas, duas rodas, automóveis e brinquedos. Os produtos da empresa são vendidos para as empresas do polo industrial de Manaus. Para testar o método proposto nesse estudo, a empresa escolheu a família de produtos selim de motocicletas (segmento duas rodas), considerando também como critérios de seleção o maior volume produzido e seu maior peso no faturamento. A estrutura do produto para a família de produtos selim de motocicletas e suas possibilidades de variedade estão ilustradas na Figura 32.

Figura 32- Estrutura da família de produto selim motocicleta e variedade

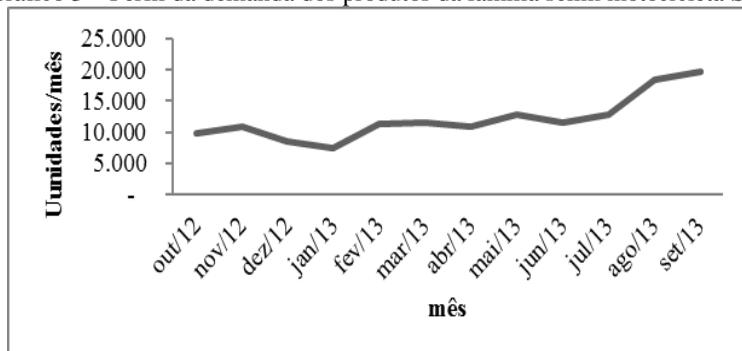


Fonte: Springer

Conforme ilustrado na Figura 32, essa família de produtos pode ser classificada como um produto funcional (ver seção 2.3.4), e, por isso, uma pequena variedade de produtos acabados (apenas 25 diferentes configurações de produtos finais) são oferecidos aos clientes. Os produtos dessa família são formados a partir de uma pequena variedade de opções de componentes (ex.: formato do assento de poliuretano, cores dos selins, tipos de resinas da base do assento). Ao contrário do caso Olsen, como essa família de produtos não tem característica modular, existe a limitação em oferecer um alto nível de variedade e opções de customização aos clientes.

Além da estrutura do produto, outra informação levantada nessa fase foi o perfil da demanda mensal dos produtos da família selim de motocicleta. A demanda agregada, com granulometria mensal, e, a natureza da dinâmica a que a rede logística Springer está submetida, pode ser observado no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Perfil da demanda dos produtos da família selim motocicleta Springer



Fonte: Springer

O Gráfico 3 mostra uma visão das características de variabilidade da demanda dos clientes na rede logística Springer, com base nos dados agregados da demanda mensal. Embora com menor intensidade que o caso 1, os dados da demanda mensal para a família de produtos selim de motocicleta, também mostram um relativo nível de turbulência, sazonalidade e interrupção.

Entretanto, além da estrutura dos produtos da família selecionada (Figura 33) e do perfil da demanda dos produtos dessa família (Gráfico 3), outros dados levantados estão relacionadas à demanda média mensal, o desvio padrão da demanda e o coeficiente de variação (cv) de cada produto da família considerada, conforme resumido na Tabela 6. Os

resultados mostrados na Tabela 6, indicam que os produtos dessa família tem uma demanda mensal maior. Os resultados indicam também a existência de diferentes coeficientes de variação dentro da família de produtos analisada. Aqui também foi considerado como critério o nível de incerteza da demanda. Assim, os produtos com coeficientes de variação abaixo de 0,4 ($cv < 0,4$), nesse caso a grande maioria dos produtos, têm uma baixa variabilidade da demanda. Por isso, esses produtos ($cv < 0,4$) são fortes candidatos a uma abordagem especulativa, enquanto os demais produtos ($cv > 0,4$) são mais adequados para uma abordagem de postergação, devido a sua alta incerteza da demanda.

Tabela 6 - Volume e variabilidade da demanda Springer

#	Produto	Média	Desvio Padrão	cv
1	719400100	7.276	3.449	0,5
2	719750200	2.451	889	0,4
3	720110703	1.125	644	0,6
4	781100200	718	317	0,4
5	719800700	700	252	0,4
6	719600300	680	347	0,5
7	719800900	380	246	0,6
8	719800500	300	105	0,3
9	719510300	298	239	0,8
10	719400600	278	104	0,4
11	719400400	215	233	1,1
12	719500200	200	151	0,8
13	719900100	143	181	1,3
14	719400500	120	0	0,0
15	719800300	60	20	0,3
16	719500300	40	171	3,0
17	719471800	30	0	0,0
18	719400200	25	5	0,2
19	719700500	23	658	28,6
20	719410802	20	3	0,2
21	719500100	19	11	0,6
22	720110705	9	1.342	149,2
23	719410750	4	3	0,7
24	719800600	2	0	0,0
25	719800400	1	0	0,0

Fonte: Autor

A análise do volume variabilidade da demanda realizada para a rede logística Springer (ver Tabela 6), mostrou que apesar da pequena variedade de opções para a configuração final oferecida, dentro da família analisada, apenas vinte e cinco (25) configurações foram adquiridas pelos clientes nos últimos doze 12 meses.

Após a identificação do perfil da demanda (ver Gráfico 3) e volume e variabilidade da demanda Springer, foi realizada uma análise através da curva ABC de vendas, considerando os dados de produtos faturados (unidades) durante os últimos 12 meses. Os resultados da análise ABC estão resumidos na Tabela .7

Tabela 7 - Resumo análise ABC de vendas Springer

CLASSE	ITENS	% Acumulado
A	2	70,20%
B	5	20,40%
C	18	9,40%
TOTAL	25	100,00%

Fonte: Autor

Assim, do total de produtos acabados (25), apenas dois (2) itens, ou aproximadamente 10% dos itens comercializados, correspondem a 70,2% do total das vendas. Os outros vinte (23) itens (ou 92% dos itens comercializados) correspondem juntos, a aproximadamente 29,8% das vendas.

Além de dados relativos à demanda dos produtos acabados e a variação da demanda, nessa etapa também foi levantado que o atual prazo aceito pelos clientes para a família de produtos no caso Springer, é de um (1) dia, conforme informações levantadas junto ao gerente comercial e de logística, durante visita de campo.

Na próxima seção (4.3), os resultados das características operacionais (etapa 2 do método) são apresentados e comparados para ambos os estudos de casos (Olsen e Springer).

4.3 CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DA REDE LOGÍSTICA

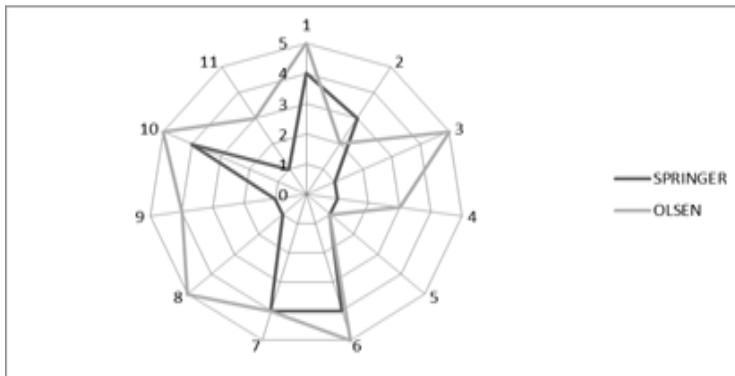
Na segunda etapa do método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas (ver Figura 24), as características operacionais das redes logísticas Olsen e Springer foram identificadas, através de um questionário desenvolvido especificamente para este fim (ver apêndice B). A comparação entre as características operacionais das redes logísticas, em cada uma das 44 questões do

instrumento de levantamento de dados (ver apêndice B), para os dois casos estudados, são apresentados a seguir. Os resultados comparativos relativos à aplicação do questionário para identificação das características operacionais de ambos os estudos de caso são apresentados com mais detalhes nas próximas seções (ver 4.3.1 a 4.3.4).

4.3.1 Fator Produto

Com relação ao fator produto, as diferenças entre os dois estudos de casos são indicadas pelas notas alcançadas. Nesse fator, a rede logística Olsen alcançou o total de 42 pontos (95,45%), enquanto a Springer recebeu total de 25 pontos (56,82%). As notas recebidas na avaliação de cada questão relativa a esse fator, estão ilustradas no Gráfico 4. Para o fator produto, as características operacionais da rede logística Olsen (ver Gráfico 4), apresentam nota máxima (5) em relação ao nível de variação da demanda (questão 1), a grande quantidade de opções de periféricos nos produtos (item 3), a um alto nível de variedade de modelos (questão 6), tipo de produto (questão 8) e um alto nível de variedade de produtos acabados possíveis para a família de produtos analisada (questão 10).

Gráfico 4 – Resultados Olsen comparativos em relação ao fator produto



Fonte: Autor

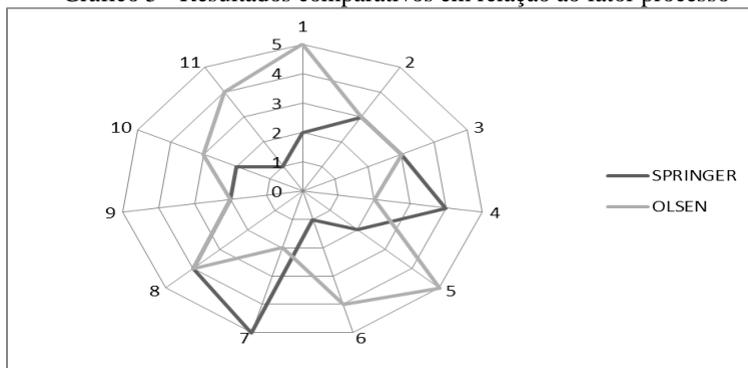
Por outro lado, com relação ao fator produto, a Springer apresenta nota máxima (5) para uma alta variabilidade da demanda para alguns produtos da família analisada (questão 1). Entretanto, as outras características da rede logística Springer apresentam notas mais baixas quando comparadas a rede logística Olsen, como para a existência de um

grande número de modelos (questão 6) na linha, um alto grau de incerteza da demanda (questão 7), bem como uma grande variedade de produtos (questão 10).

4.3.2 Fator Processo

Com relação ao fator processo, a Olsen também alcançou um maior total de pontos, 37 pontos (84,09%), enquanto a Springer foi avaliada em 29 pontos (65,92%). O Gráfico 6 resume as características operacionais das redes logísticas identificadas, com relação ao fator processo, para os dois (2) estudos de casos. Nesse critério (ver Gráfico 5), a característica com pontuação mais elevada (nota 5) para a rede da Olsen, foi a viabilidade de dividir os processos da rede logística (questão 1), enquanto para a Springer, essa questão é menos viável (nota 2).

Gráfico 5 - Resultados comparativos em relação ao fator processo



Fonte: Autor

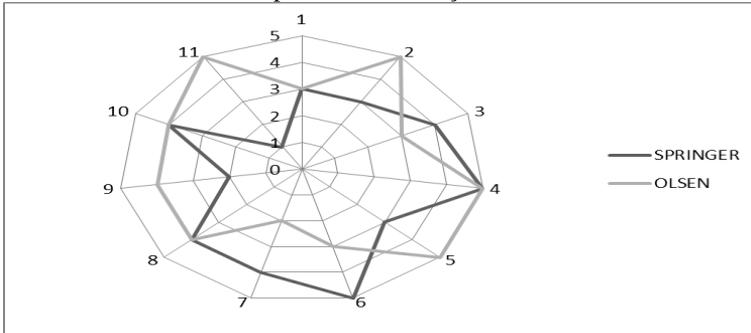
Com relação ao alto nível de incerteza do processo de suprimentos (questão 6), a Olsen possui uma maior incerteza (nota 4), enquanto para a Springer existe uma baixa incerteza do processo de suprimentos (nota 1). Já com relação à duração do lead time de suprimento (questão 8), foram considerados mais longos por ambas as empresas, que foram classificadas nesse fator com nota 4.

4.3.3 Fator Mercado

Com relação ao fator mercado, a empresa Olsen alcançou novamente, a maior pontuação total (44 pontos) entre todos os participantes da pesquisa (ver Tabela 3). O Gráfico 6 resume as

características operacionais de ambos os estudos de caso em relação ao fator mercado. Nesse fator (ver Gráfico 6), a rede logística Olsen apresentou nota máxima (5) em quatro questões. A primeira questão é relativa ao tamanho ciclo de vida dos produtos (questão 2), que para o caso Olsen é curto, devido ao alto nível de tecnologia e inovação dos produtos.

Gráfico 6 - Resultados comparativos em relação ao fator mercado



Fonte: Autor

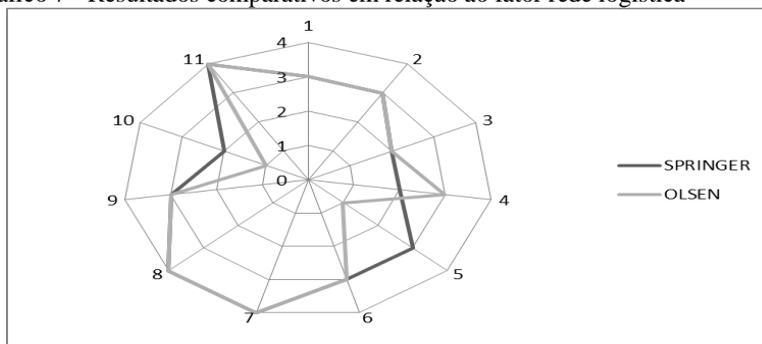
Outras características referem-se ao alto nível de resposta esperado pelo mercado (questão 4) e ao grande número de mercados atendidos (interno e externo). Nesse fator, a rede logística da Springer apresentou nota máxima (5) para as questões relativas ao alto nível de confiabilidade na resposta requerida pelo mercado (item 4), e também para a alta importância do preço (item 6) para os clientes para a família de produtos analisada.

4.3.4 Fator Rede Logística

As características em destaque, com relação ao fator rede logística, estão relacionadas ao nível de integração, coordenação e cooperação existente na rede logística. No fator rede logística ocorreu um empate técnico, com a rede logística Olsen obtendo 24 pontos (54,55%) do total possível, enquanto a rede logística Springer recebeu um total de 26 pontos ou 59,09% do total. O Gráfico 7 ilustra as características da rede logística de ambos os estudos de caso. Conforme indicado no Gráfico 7, em ambos os casos analisados, verificou-se nota máxima (5), suportada pelas evidências encontradas para o planejamento integrado com alguns fornecedores e clientes (questão 7). O Gráfico 7 mostra ainda que a nota máxima assinalada na questão 7, relativa a utilização do planejamento

baseado em previsão da demanda para os produtos é muito forte para as duas empresas. Isso pode ser considerado normal para a rede logística Springer, devido as suas características, mas não para a rede logística Olsen.

Gráfico 7 - Resultados comparativos em relação ao fator rede logística



Fonte: Autor

Outras duas questões identificadas em relação às características da rede logística, estão relacionadas à diversidade de fontes de fornecimento (questão 8) e, também, ao volume de matérias compradas do fornecedores (questão 11), alcançaram nota máxima (5) para ambas as redes logísticas analisadas. Ainda, outra característica identificada está relacionada ao nível de tecnologia do processo de produção (questão 4), onde a nota 4 foi atribuída ao caso Olsen, enquanto que a Springer ficou com uma nota 3. Nesta questão, isso ocorreu devido as diferenças na complexidade dos produtos. Em resumo, no fator rede logística, os casos Olsen e Springer apresentaram características muito semelhantes, conforme se verifica pelo total de pontos obtidos para o fator redes logísticas (26 e 24, respectivamente).

Na próxima seção (4.4) são apresentados o escopo de análise de ambas as redes logísticas objeto de estudo.

4.4 DEFINIÇÃO DO ESCOPO DE ANÁLISE DA REDE LOGÍSTICA

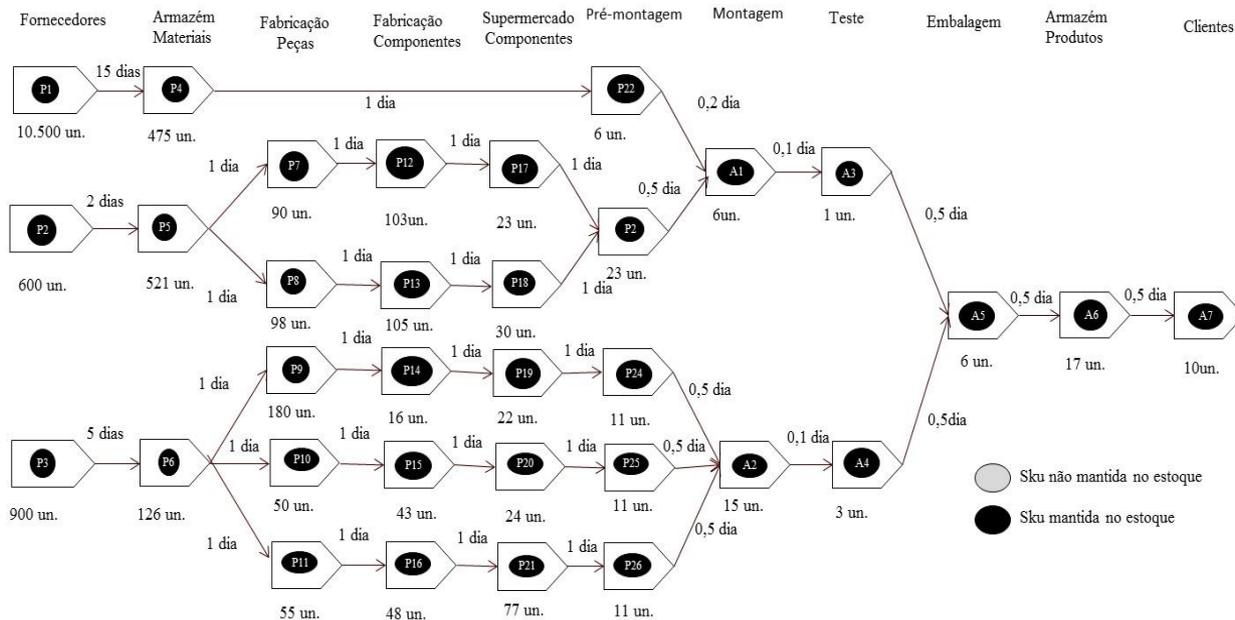
A terceira etapa do método para seleção de estratégias de postergação em redes logísticas (ver Figura 24), é definir o escopo de análise da rede logística. Como forma de limitar a complexidade de análise da rede logística, esta tese considerou a rede logística imediata, ou seja, desde os fornecedores imediatos até os clientes imediatos (ver seção

1.5). Definido o escopo de análise, ocorreu o mapeamento dos processos logísticos utilizando a ferramenta cadeia de processos logísticos (ver seção 2.1.3), para o mapeamento da rede logística com base na lista de materiais para a família de produtos selecionadas pelas empresas. A seguir (seções 4.4.1 e 4.4.2), são apresentados os resultados relativos ao mapeamento da redes logísticas dos dois estudos de caso analisados.

4.4.1 Estudo de Caso 1 – Olsen

O mapa da cadeia de processos, baseado na família de produtos equipamento odontológico (ver Figura 33), foi elaborado durante a visita realizada à empresa pelo período de uma (1) semana. Para elaboração do mapa, o autor, em conjunto com a representante da empresa, percorreu o fluxo de valor do produto (desde o cliente imediato até o fornecedor imediato), sendo que os dados de estoque e tempo de processo foram levantados. Por exemplo, o estoque levantado representa uma fotografia do estoque físico existente em cada ponto de estoque, no momento da visita. Após percorrer o fluxo de valor da família de produtos e mapeá-lo, foram realizadas entrevistas não estruturadas com os gestores de compras, de produção (PCP) e de logística, de forma a entender e mapear o fluxo de informações, e coletar os demais dados para análise (ver apêndice C). Verificou-se que a cadeia de processos da família de produtos cadeira odontológica da rede logística Olsen (ver Figura 33) é longa (11 processos), complexa (3 fornecedores, 1 fábrica e 1 mercado com vários clientes) e possui uma grande variedade de materiais (5 peças fabricadas, 5 componentes, 2 subprodutos e 16 produtos acabados). A demanda média dos clientes para os produtos acabados dessa família é de 12 equipamentos por dia, e os lotes de entrega no processo de distribuição variam de 1 a 70 unidades. Outra informação relevante, levantada durante o mapeamento, é que o atual percentual de falhas na entrega ao cliente é de 3%. Nos processos iniciais, são mantidos um alto nível de estoques, em alguns dos processos da rede, como por exemplo, onde o tamanho do lote de compra é 350 unidades de motor. Todavia, os lotes de fabricação também são maiores nos processos iniciais (100 unidades na fabricação de peças), enquanto os lotes são unitários nos processos finais como montagem, testes e embalagem. O mapa da rede logística (ver Figura 33) mostra também a existência vários pontos de estoque (OPP's), ou seja, no nível de cada processo da rede, desde o fornecedor até o cliente. A Figura 33 identifica cada processo da rede logística Olsen e seus respectivos pontos de estoques (matérias-primas, peças, componentes e produtos

Figura 33 – Mapa atual da rede logística Olsen



Fonte: Autor

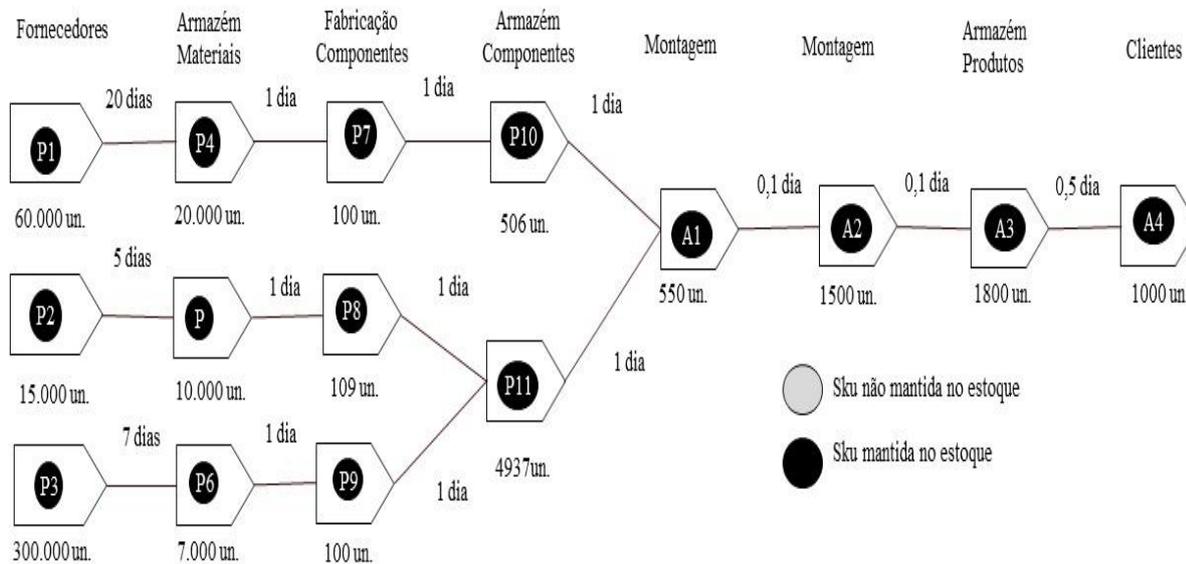
acabados). Ela mostra que os tempos dos processos de suprimentos são longos para um dos fornecedores (15 dias para o motor), mais são curtos (1 minuto) para fabricação de uma unidade de peças, e, aproximadamente 30 minutos na pré-montagem de componentes e na montagem de produtos acabados. Constatou-se durante a visita de campo, que essa empresa já utiliza a abordagem enxuta de produção (*lean*) nos processos de montagem final e embalagem (células).

A próxima seção apresenta os resultados relativos à aplicação do estudo de caso realizado na rede logística Springer.

4.4.2. Estudo de Caso 2 - Springer

A rede logística Springer foi mapeada com base na família de produtos selim de motocicleta (ver Figura 34). Durante a realização do mapeamento, vários dados relativos ao estado atual da rede logística como localização e quantidade de inventário, e tempos dos processos, foram coletados diretamente durante a visita ao chão de fábrica, nos fornecedores e clientes. O mapa com a cadeia de processos, baseada na família de produtos selim motocicleta da rede logística Springer, foi elaborado a partir do fluxo do produto e os dados foram coletados durante a visita de uma (1) semana realizada à empresa. Para elaboração do mapa da rede logística, o autor desta tese, em conjunto com o representante da empresa, percorreu o fluxo de valor do produto, desde o cliente imediato até o fornecedor imediato. Após os levantamentos e medições dos processos, também foram realizadas entrevistas com os gestores de compras, de produção (PCP) e de logística, de forma a entender e mapear o fluxo de informações e coletar os demais dados para análise (ver apêndice C). A cadeia de processos da família do produto analisada para a rede logística Springer (ver Figura 34) é relativamente curta (7 processos) e menos complexa que o caso Olsen (3 fornecedores, 3 peças fabricadas, 2 componentes, 2 subprodutos e 25 produtos acabados). Outra informação levantada foi que o percentual de falhas na entrega ao cliente atual é de aproximadamente 10%. A demanda do cliente é de 950 selim por dia, e os lotes de entrega variam de 20 a 50 unidades e que o mix de produtos dessa nessa família é de 25 produtos diferentes (ver Quadro 14). O mapa mostra também a existência de vários pontos de estoque (OPP), espalhados ao longo dos diferentes processos da rede logística Springer. Outra característica da rede logística Springer está relacionada ao tamanho do lote de compra (ex.: 10 toneladas de resina ABS ao mês), apesar dos lotes de fabricação de peças e pré-montagem de componentes, serem maiores nos processos iniciais (100 unidades na fabricação de

Figura 34– Mapa atual da rede logística Springer.



Fonte: Autor

peças e componentes) e de 50 unidades no processo de montagem. A análise em cada processo da rede (ponto de estoque de matérias-primas, peças, componentes e produtos acabados), mostra que os tempos dos processos são longos, principalmente para o suprimento de um dos fornecedores (20 dias para resina PU), e mais curtos (1 minuto) para fabricação de uma unidade de um componente ABS e na montagem de uma unidade do produto final.

Após a elaboração do mapa atual e do levantamento dos dados para as redes logísticas Olsen e Springer, na próxima seção são apresentados os resultados da otimização analítica para localização de múltiplos pontos de penetração de pedidos (OPP) para ambos os estudos de casos considerados.

4.5 ANÁLISE ESTÁTICA

Com base no mapa (ver Figuras 33 e 34) e nos dados levantados (ver apêndice C), para a atual configuração das redes logísticas Olsen e Springer, foram realizados vários experimentos através do modelo analítico para localização dos múltiplos OPP's na rede logística (ver seção 3.4.5), conforme descrito a seguir (ver seções 4.5.1 e 4.5.2).

4.5.1. Estudo de Caso 1 - Olsen

O conjunto de dados e informações coletadas (ver apêndice C) durante a pesquisa de campo na rede logística Olsen (ver Figura 33), foram usados como dados de entrada do modelo matemático para localização de múltiplos OPP's na rede logística. Verifica-se que para o estado atual mapeado (ver Figura 33), a rede logística Olsen utiliza a abordagem de especulação ($X_i = 0$) em todos os processos da rede logística (suprimento, fabricação e distribuição). Isso significa que a empresa mantém todos os materiais e componentes (P1 a P26), além dos produtos acabados (A1 até A7), em todos os pontos de estoque na rede logística. Assim, o custo logístico total para o estado atual da rede é de aproximadamente R\$ 424.188,14, com prazo de entrega igual a zero, ou seja, está muito abaixo do prazo de entrega requerido pelo cliente (5 dias).

Para realização da análise estática, o modelo matemático desenvolvido (ver expressão 15) foi modelado na linguagem do *software* LINDO, na forma de um modelo de designação baseado em programação linear inteira com variáveis binárias (ver apêndice D). O modelo analítico utilizou uma abordagem determinística (estática), e, por isso, não foram

consideradas variações nos tempos dos processos. A análise de sensibilidade do modelo analítico está disponível no apêndice E.

Dada a grande variedade de possibilidades para localização dos múltiplos OPP's na rede logística Olsen, cinco (5) diferentes cenários foram analisados, considerando a variação no tempo de entrega (DLT). Os resultados da otimização que maximiza a postergação dos processos (ver expressão 15) da rede logística Olsen, sujeita às restrições de prazo de entrega (ver expressão 16), estão resumidos na Tabela 8. A configuração com a localização do estoque na rede logística otimizada, para os cenários 1 a 4 descritos na Tabela 5, estão ilustrados nas Figuras 35, 36, 37 e 38. No cenário 1, foi considerado que o prazo de entrega aceito pelo cliente é de 1 dia, após o recebimento do pedido. Conforme ilustrado na Figura 35, o resultado da otimização indicou a aplicação de estratégias de postergação, apenas nos processos após a fronteira da eficiência (linha tracejada) mostrada na Figura 35, entre eles os processos de embalagem, armazenagem e distribuição dos produtos (A5, A6 e A7), respectivamente. Com essa decisão, o custo logístico total da rede é reduzido para R\$ 395.399,80. Ao contrário, todos os processos localizados antes da fronteira da eficiência (linha tracejada), entre eles, o processo de armazenagem de matérias-primas no fornecedor (P1, P2 e P3), os processos de compras e armazenagem (P3, P4 e P5), fabricação de peças (P7, P8, P9, P10, e P11), fabricação de componentes (P12, P13, P14, P15 e P16), pré-montagem, montagem, teste e embalagem, devem ser realizados em antecipação (especulação) à demanda do cliente, e, por isso, esses processos são dirigidos pela previsão. Por outro lado, os resultados para o cenário 2, ilustrado na Figura 36, mostram que os processos relativos a pré-montagem dos itens (P22, P23, P24, P25 e P26), além dos processos de montagem, embalagem e distribuição dos produtos (A1, A2, A3, A4, A5, A6 e A7), devem ser postergados. Nesse caso, o custo total da rede é reduzido ainda mais, chegando a R\$ 369.668,14. Contudo, o prazo de entrega aceito pelo cliente foi dilatado para 3 dias. Por sua vez, todos os processos localizados antes da fronteira da eficiência (linha tracejada) mostrada na Figura 36, entre eles os processos de armazenagem no fornecedor (P1, P2 e P3), de compras e armazenagem de materiais (P4, P5 e P6), além dos processos de fabricação de peças (P7, P8, P9, P10 e P11), de fabricação de componentes (P12, P13, P14, P15, P16) e de armazenagem (P17, P18, P19, P20 e P21), devem ser realizados em antecipação a demanda do cliente (estratégia de especulação), e, por isso, devem ser dirigidos pela previsão da demanda.

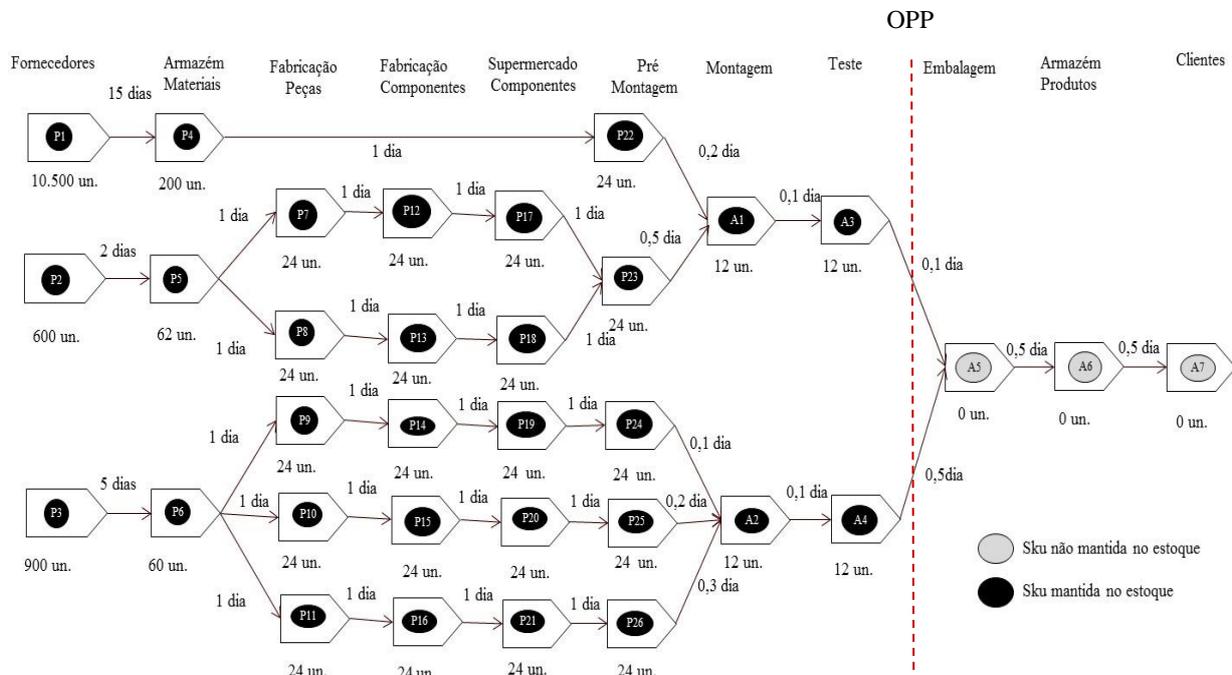
Todavia, os resultados da otimização para o cenário 3, considerando um prazo de entrega de 5 dias, é ilustrado na Figura 37.

Tabela 8 – Resultados da otimização para localização de OPP's para a rede logística Olsen

Cenários	Tempo de Entrega (dias)	Custo Total (R\$)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7				
Cenário 1	1,0	395.399,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1		
Cenário 2	3,0	369.668,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Cenário 3	5,0	325.009,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cenário 4	15,0	162.238,57	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cenário 5	30,0	53.000,00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

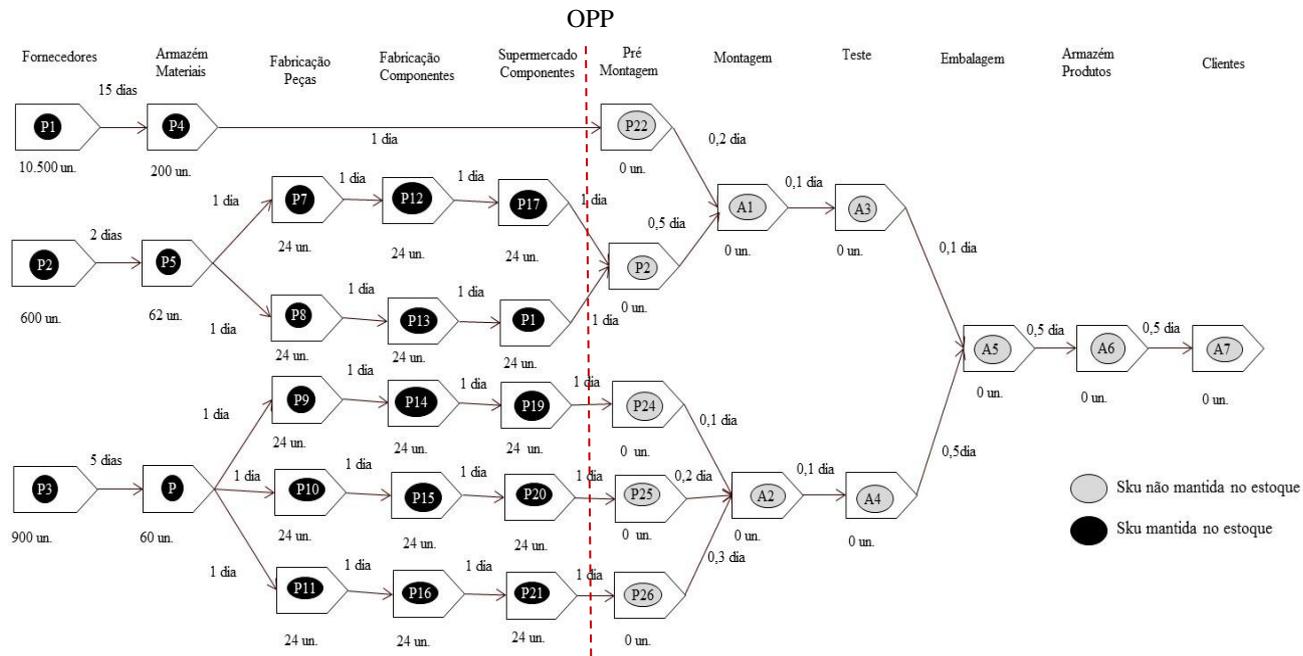
Fonte: Autor

Figura 35 – Configuração da rede logística Olsen cenário 1



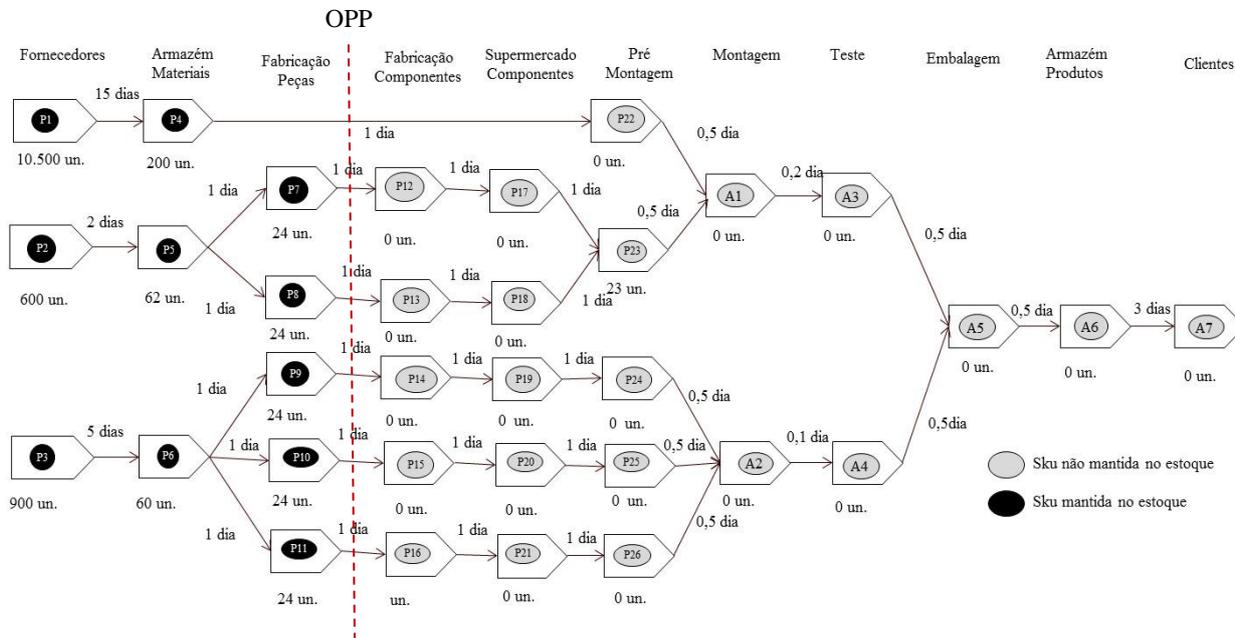
Fonte: Autor

Figura 36 – Configuração rede logística Olsen cenário 2



Fonte: Autor

Figura 37 - Configuração rede logística Olsen cenário 3



Fonte: Autor

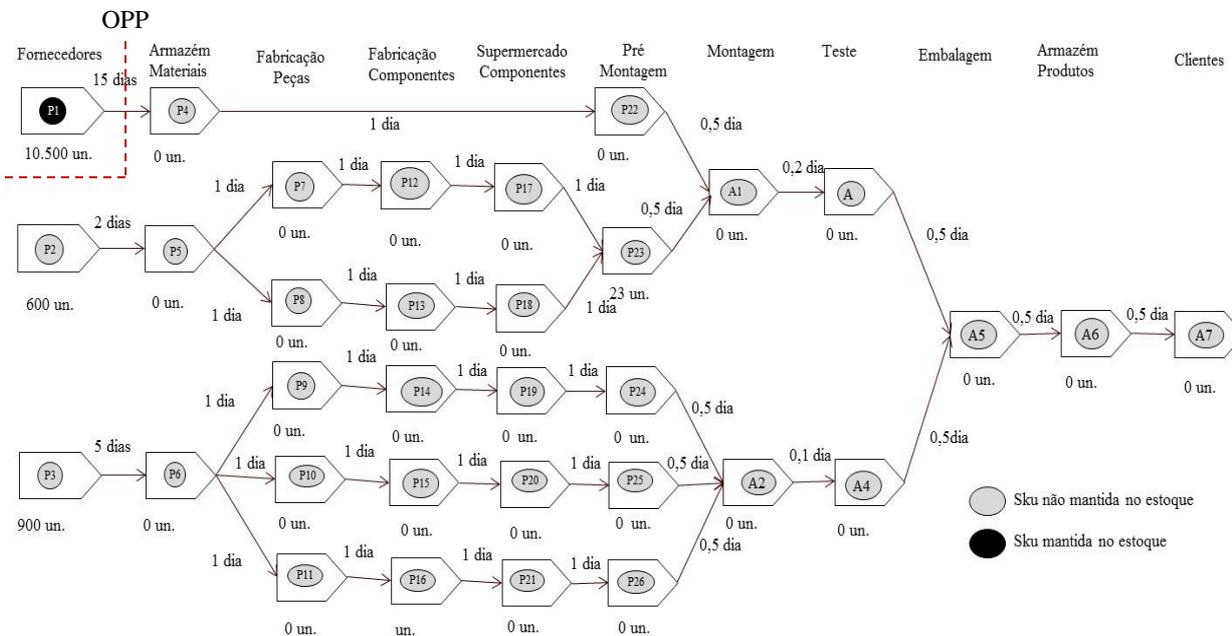
Nessa configuração da rede Olsen, os processos posteriores à fronteira da eficiência, como o de fabricação dos componentes (P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20 e P21), além dos processos de pré-montagens de (P22, P23, P24, P25 e P26), e montagem e distribuição dos produtos acabados (A1, A2, A3, A4, A5, A6 e A7), devem ser postergadas. Com isso, o custo logístico total da rede é reduzido para R\$ 325.009,80. Todavia, os processos localizados antes da fronteira da eficiência (linha tracejada), como armazenagem nos processos de fabricação das peças (P7, P8, P9, P10 e P11), de fabricação de componentes (P12, P13, P14, P15, P16) e armazenagem (P17, P18, P19, P20 e P21), devem ser realizados em antecipação a demanda do cliente (estratégia de especulação), e dirigidos pela previsão.

Já para o cenário 4, ilustrado na Figura 38, os processos localizados após à fronteira da eficiência (ver linha tracejada), como os de armazenagem no fornecedor das matérias-primas (P2 e P3), compra e armazenagem dos materiais (P2, P3, P4, P5 e P6), o processo de fabricação das peças P7, P8, P9, P10, P11 e dos componentes (P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19 P20, P21), além dos processos de pré-montagem dos componentes (P22, P23, P24, P25 e P26), e dos processos de montagem e distribuição dos produtos (A1, A2, A3, A4, A5, A6 e A7), devem utilizar a estratégia de postergação. Assim, com essa configuração, o custo total da rede será reduzido para R\$ 162.238,57, embora ocorra uma penalização pelo aumento no prazo de entrega para 15 dias. Nesse caso, os processos localizados antes da fronteira da eficiência identificada na Figura 38, devem utilizar a estratégia de especulação, e, nesse cenário, apenas o processo de armazenagem do fornecedor da matéria-prima P1, deve ser antecipado, ou seja, deve ser fabricada de forma antecipada, para estar disponível a partir do estoque.

Por último, no cenário 5, foi considerado um prazo de entrega ao cliente de 30 dias. Para este cenário, os resultados da otimização analítica indicaram que todos os processos da rede logística devem ser postergados. Apesar do grande aumento do prazo de entrega ao cliente (30 dias), essa configuração da rede vem acompanhada de uma redução no custo total para R\$ 53.000,00, devido à redução expressiva do inventário nessa configuração.

Os resultados da análise estática (analítica), mostrou que de todos os cenários analisados, apenas o cenário 4 não é viável do ponto de vista da postergação. Isso ocorreu porque, o prazo de entrega do fornecedor de P1, é igual ao prazo de entrega exigido pelo cliente. Isso aumenta o risco de ruptura de matéria-prima (falta), e, consequentemente, atraso no atendimento do cliente ou perda de vendas. Apesar disso, ainda é possível

Figura 38 - Configuração rede logística Olsen cenário 4

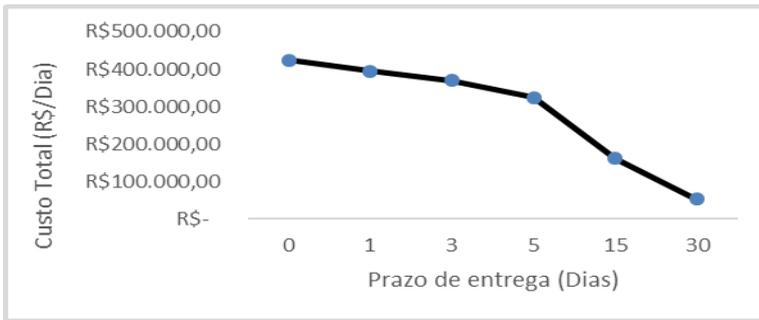


Fonte: Autor

definir um portfólio de estratégias de postergação para os demais cenários (1, 2, 3 e 5), de forma a atender outros segmentos de clientes, cujo objetivo seja variedade e customização, e, por isso, estão dispostos a aguardar um tempo de entrega maior dos produtos acabados.

A fronteira de eficiência para os diferentes cenários analisados, que permite identificar o seu respectivo custo total em relação aos prazos de entrega ao cliente, está ilustrada no Gráfico 8.

Gráfico 8 – Fronteira da eficiência para a rede logística Olsen



Fonte: Autor

De acordo com o Gráfico 8, para a configuração atual da rede logística Olsen, o prazo de entrega é menor, mas o custo total da rede é maior, devido à manutenção de alto nível de estoque de materiais, componentes e produtos acabados (estratégia de especulação pura) ao longo de toda a rede logística. Por um lado a fronteira da eficiência ilustrada no Gráfico 8, indica uma queda acentuada no custo total da rede logística Olsen, enquanto por outro, ocorre um aumento gradual do prazo de entrega para os cenários analisados, quando comparado a configuração da rede logística atual. A redução do custo total da rede é diretamente influenciada pela redução do nível estoques de componentes e produtos acabados na rede. No caso específico da rede logística Olsen, os estoques de componentes e produtos acabados possuem um alto valor agregado. Embora isso permita oferecer um prazo de entrega muito baixo ao cliente (zero), ou seja, um prazo de entrega é imediato, quando é muito abaixo do prazo de entrega exigido atualmente pelos clientes (5 dias), pois o estoque está disponível de forma antecipada. As configurações da rede com prazo de entrega variando de 1 a 5 dias, utilizam uma abordagem híbrida (especulação-postergação). Nesse caso, os custos declinaram de forma

acentuada, principalmente, quando o prazo de entrega aceito pelo cliente é estendido acima de 5 dias. Um prazo de entrega acima de 15 dias permitiu a utilização de uma estratégia de postergação pura, uma vez que foi possível, empurrar a localização dos múltiplos OPP's para trás na rede logística, no sentido dos fornecedores.

Na próxima seção são apresentados os resultados com relação à rede logística Springer.

4.5.2 Estudo de Caso 2 - Springer

No estado atual mapeado (ver Figura 34), verifica-se que a rede logística Springer também utiliza, atualmente, uma abordagem de especulação ao longo de toda a rede para todos os materiais e componentes (P1 a P11), e, também para os produtos acabados (A1 e A4). Por esse motivo, essa configuração apresentou um custo logístico total no valor de R\$ 307.954,78 (ver tabela 9), um prazo de entrega igual à zero, muito abaixo do prazo de entrega exigido pelo cliente (1 dia).

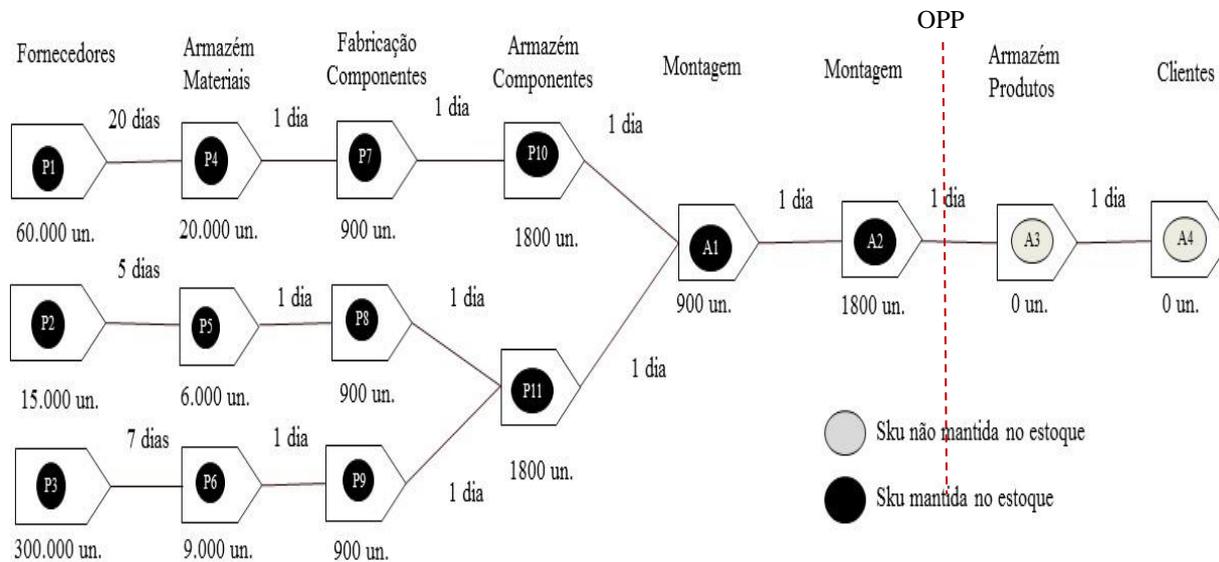
Assim como no caso Olsen, a análise estática da rede logística Springer também foi realizada através do modelo matemático desenvolvido e modelado na linguagem do *software* LINDO (ver apêndice D). O modelo analítico utilizou uma abordagem determinística (estática), e, a análise de sensibilidade do modelo analítico, está disponível no apêndice E. Assim, com base nos dados levantados e no modelo analítico (ver expressão 16) para a localização dos múltiplos OPP's da rede logística Springer, cinco (5) cenários foram analisados, considerando a variação no prazo de entrega exigido pelos clientes (DLT). Os resultados da análise estática estão resumidos na Tabela 7. Todavia, para uma melhor compreensão, a configuração da rede logística para quatro (4) dos cinco (5) cenários identificados na Tabela 7, foram ilustrados na forma das Figuras 39, 40, 41 e 42. O resultado da otimização para localização dos OPP's na rede logística Springer (ver Figura 39), para o cenário 1, implica na postergação dos processos localizados após a fronteira da eficiência (linha tracejada), ou seja, apenas o processo de distribuição do produto final A3. Com essa decisão, o custo logístico total da rede foi reduzido para R\$ 164.749,25. Contudo, o prazo de entrega aceito pelo cliente considerado nesse cenário é de apenas 1 dia, que para esse caso, é igual ao prazo de entrega exigido atualmente pelos clientes Springer (1 dia). Entretanto, todos os processos localizados antes da fronteira da eficiência (linha tracejada), identificada na Figura 39, devem utilizar a estratégia de especulação. Dessa forma, os processos de

Tabela 9 – Resultados da otimização para localização OPP's para a rede logística Springer

Cenários	Tempo de Entrega (dias)	Custo Total (R\$)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	A1	A2	A3	A4
Cenário 1	1,0	164.749,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Cenário 2	3,0	146.269,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Cenário 3	5,0	134.681,00	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cenário 4	10,0	128.142,03	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cenário 5	25,0	6.500,00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Autor

Figura 39 – Configuração da rede logística Springer cenário 1



Fonte: Autor

armazenagem nos fornecedores da matéria-prima (P1, P2 e P3), de compras e de armazenagem dos materiais, bem como os processos de fabricação, de armazenagem de componentes, de montagem e de embalagem, devem ser realizados de forma antecipada, com base na previsão da demanda.

Contudo, no cenário 2, ilustrado na Figura 40, para um prazo de entrega de 3 dias, os processos de montagem, embalagem e distribuição dos produtos (A1, A2 e A3), passaram a ser postergados, e, com isso, o custo total foi reduzido para R\$156.759,25.

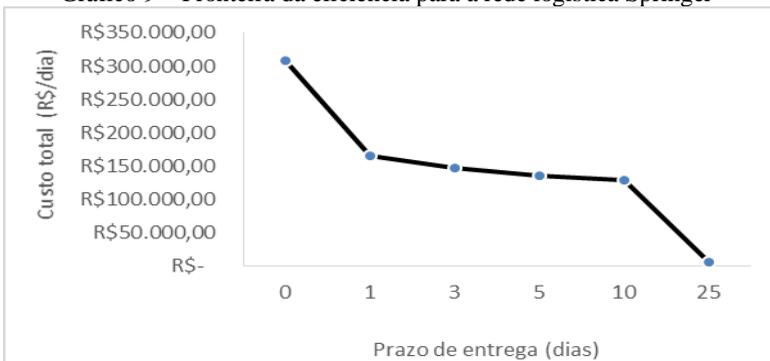
Já para o cenário 3, ilustrado na Figura 41, os processos de fabricação dos componentes (P7, P8, P9), e os processos de montagem, de embalagem e de distribuição dos produtos (A1, A2, A3) devem ser postergados. Com isso, o custo total da rede foi reduzido para R\$134.681,00, dentro de um prazo de entrega de 5 dias.

No cenário 4, ilustrado na Figura 42, os processos de fabricação dos componentes (P5, P6, P7, P8, P9, P10 e P11), de montagem, de embalagem e de distribuição dos produtos acabados (A1, A2 e A3) foram postergados. Nesse caso, o custo caiu para R\$128.142,03, para um prazo de entrega de 10 dias.

Por fim, para o cenário 5, todos os processos da rede foram postergados. Assim, o prazo de entrega aceito pelo cliente foi dilatado para 25 dias. Essa configuração da rede teve grande impacto na redução do custo total da rede, que foi reduzido para R\$ 6.500,00.

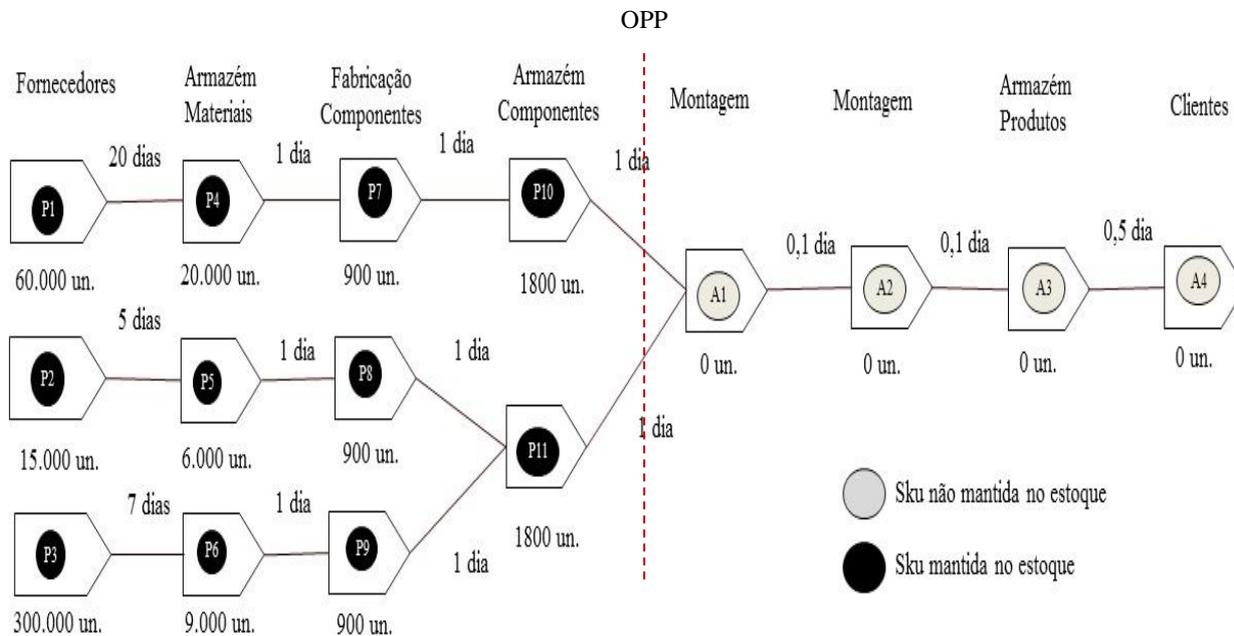
O Gráfico 9 permite identificar a fronteira de eficiência com os diferentes cenários analisados, com seus respectivos custo total e prazos de entrega para a rede logística Springer.

Gráfico 9 – Fronteira da eficiência para a rede logística Springer



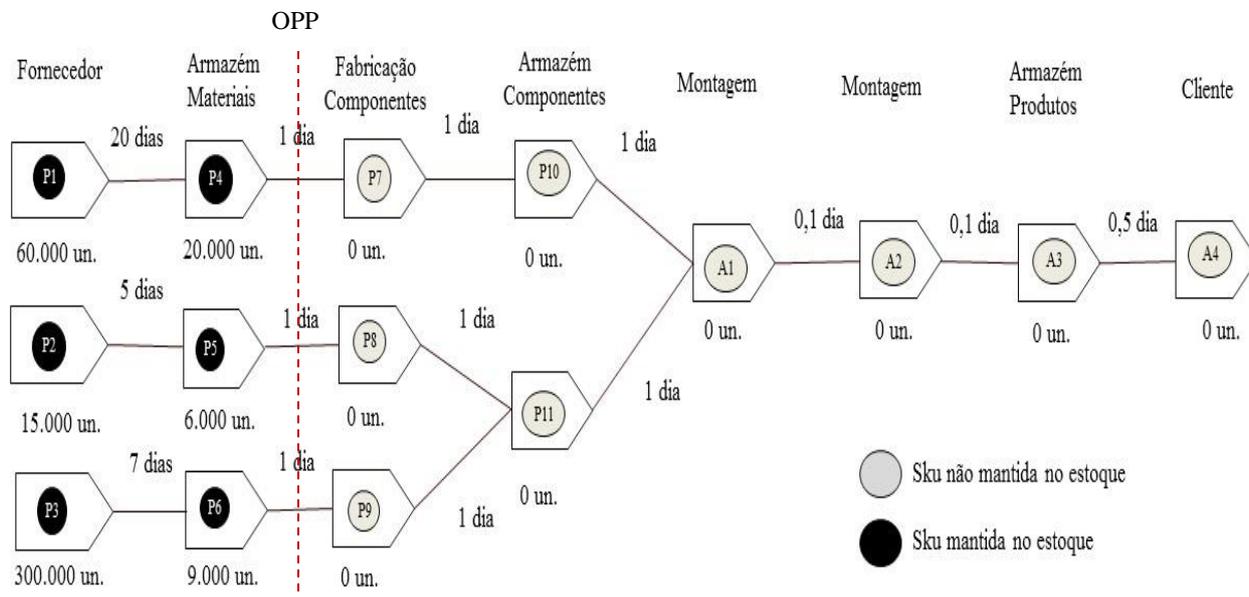
Fonte: Autor

Figura 40 – Configuração rede logística Springer cenário 2



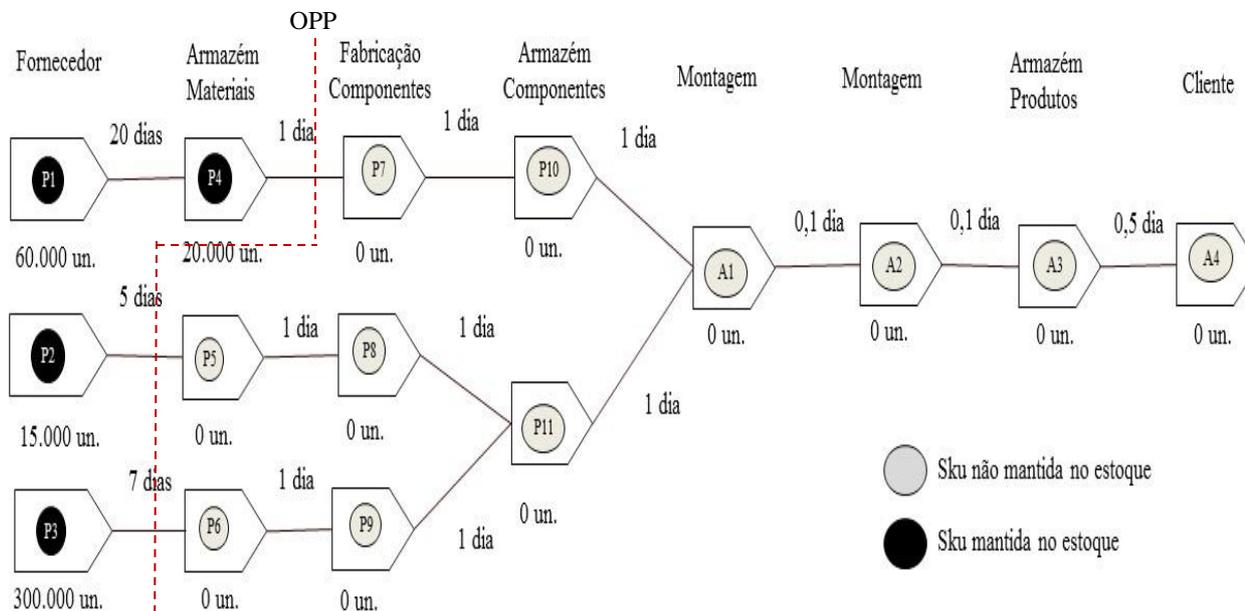
Fonte: Autor

Figura 41 – Configuração da rede logística Springer cenário 3



Fonte: Autor

Figura 42 – Configuração rede logística Springer cenário 4



Fonte: Autor

O Gráfico 9 mostra ainda que, para o cenário atual (estratégia de especulação pura), o custo total da rede é alto e o prazo de entrega é extremamente mais baixo (zero) daquele requerido pelo cliente. Isso ocorre porque o estoque está disponível imediatamente ao próximo processo, ou seja, o prazo de entrega ao cliente é imediato. A medida que o prazo de entrega aceito pelo cliente aumenta (ver cenários 1 a 5), o nível de utilização das estratégias de postergação dos processos aumenta e o custo total da rede diminui (ver Gráfico 9). Com isso, os cenários 1 a 4, onde o prazo de entrega variam entre 1 e 10 dias, utilizam uma estratégia híbrida (especulação-postergação), que corresponde a um custo total da rede mais baixo, dentro de prazos de entrega aceitáveis. Por fim, o cenário 5 representa a utilização de um alto grau de postergação na rede logística (estratégia de postergação pura).

De forma geral, verificou-se que todos os cenários (diferentes configurações da rede) analisados para a rede logística Springer, são viáveis do ponto de vista da postergação. Entretanto, o cenário 4 foi descartado, devido ao risco de falha do fornecedor e de mudanças constantes na demanda do cliente. Contudo, verifica-se nesse caso, que também é possível definir um portfólio de postergação para todos os demais cenários, de forma a atender outras classes de clientes, cuja necessidade seja por variedade e customização, e, que por isso, estão mais dispostos a aguardar um tempo de entrega maior dos produtos. Na próxima seção, os resultados do modelo analítico apresentados e discutidos nessa seção foram usados como parâmetros de ajuste e variáveis de entrada no modelo de simulação.

4.6 ANÁLISE DINÂMICA

O objetivo da análise dinâmica, na forma de dois (2) estudos de caso, é confirmar os resultados para os diferentes cenários selecionados na abordagem analítica. Conforme definido no método proposto (ver Figura 24), as diferentes configurações da rede logística (cenários) selecionadas com o modelo analítico, foram testadas no modelo de simulação. Contudo, os diferentes cenários modelados na simulação devem ser capazes de manter um alto desempenho logístico (mensurado em termos do prazo de entrega e nível de serviço), enquanto mantém os custos logísticos (mensurado através do custo logístico total) tão baixo quanto possível, mesmo sob uma alta variação na demanda do cliente. Para validação dos dados e do modelo de simulação, a configuração da atual rede existente foi reconstruída e os dados coletados foram utilizados. Ao final, foram comparadas as saídas do modelo de simulação

com os dados disponíveis. A concepção do modelo de simulação considerou dados da estrutura da rede logística (fornecedores, estrutura do produto, processos, nível de estoque, canais de distribuição e clientes) e as suas condições operacionais (horário trabalho, capacidade, previsão da demanda, tamanho do lote, tempos de suprimento, produção e distribuição) para simular as diferentes configurações com a localização dos OPP's, para os diferentes tempos de entrega aceito pelos clientes (ver seções 4.6.1 e 4.6.2).

4.6.1 Estudo de Caso 1 – Olsen

Para a rede logística Olsen (ver Figura 33), diferentes matérias-primas são supridas por três (3) fornecedores que as mantêm estoque, ou seja, usam a estratégia de produção denominada BTS (*Build To Stock*), baseada na previsão da demanda. Os produtos acabados são manufaturados em uma única planta, e, são então vendidos para um único mercado selecionado. Atualmente, a planta produz a partir de um plano de produção, baseado em previsão de demanda, e também usa a estratégia de produção BTS (*Build To Stock*). Os produtos acabados são distribuídos aos clientes finais, a partir do inventário mantido no armazém de produtos acabados, o qual lida diretamente com os pedidos dos clientes finais. Para reproduzir a variação na demanda do cliente e avaliar os diferentes cenários modelados, utilizou-se os dados históricos da demanda mensal, como sendo apenas de um único produto acabado denominado A6. A demanda do produto é dada como um plano de previsão de demanda, que reflete a variabilidade do mercado, conforme mostrado na Tabela 10.

Tabela 10 - Previsão da demanda dos clientes Olsen

MÊS	DEMANDA
OUT/11	326
NOV/11	356
DEZ/11	302
JAN/12	104
FEV/12	219
MAR/12	245
ABR/12	287
MAI/12	313
JUN/12	397
JUL/12	190
AGO/12	339
SET/12	331

Fonte: Olsen

Com esses parâmetros de entrada, para os quatro (4) diferentes cenários selecionados na análise estática, foram modelados e simulados com OTD-NET. Com isso, além da variação no prazo de entrega do pedido para cada cenário analisado, foram consideradas modificações na estratégia de produção utilizadas, como um critério para mudança na localização dos diferentes pontos de penetração de pedidos (OPP's) na rede logística. Dessa forma, foram realizadas modificações na estratégia de produção BTS (*Build To Stock*) utilizada, onde os processos são realizados com base em previsão e em antecipação a demanda do cliente (especulação) para uma estratégia de produção BTO (*Build To Order*), onde os processos são realizados apenas com base nos pedidos dos clientes. Assim como na análise estática, isso permitiu modelar a rede logística de forma a utilizar uma estratégia de rede híbrida, ou seja, os processos antes do OPP utilizam uma estratégia BTS (*Build To Stock*), dirigidas por previsão, enquanto, os processos depois do OPP utilizam uma estratégia BTO (*Build To Order*), dirigida pela demanda real dos clientes. Por fim, para representar as incertezas e dinâmica na demanda do cliente (ver Tabela 10), o modelo de simulação utilizou o processo estocástico de distribuição de Poisson.

Após a simulação com OTD-NET para confirmação da viabilidade da configuração dos diferentes cenários identificados na otimização analítica, os indicadores de desempenho da rede logística em termos de custos total (ver expressão 12), prazo de entrega (*lead time* do pedido) e o nível de serviço (ver expressão 4) também foram calculados. Entretanto, para fazer um julgamento mais preciso da viabilidade dos resultados das diferentes alternativas da simulação para cenários analisados, mais comparações devem ser feitas de forma a refletir os desvios entre os resultados analíticos e os resultados da simulação. Para medir os desvios nos resultados analíticos e de simulação, foi utilizado como escala de desempenho o desvio relativo, que pode ser calculado pela expressão 17.

$$Desvio = \frac{\text{Resultado Simulação} - \text{Resultado Analítico}}{\text{Resultado Analítico}} \quad (17)$$

O Comparativo de desempenho das abordagens analíticas e de simulação para rede logística Olsen é mostrado na Tabela 11. Os resultados cenários analisados para a rede logística Olsen na Tabela 10, mostram que todos os cenários são viáveis do ponto de vista da postergação, pois o modelo de simulação apresentou valores muito próximos e aceitáveis aos valores do modelo analítico. Do ponto de vista do custo total da rede, os resultados apresentados também são aceitáveis

Tabela 11 – Comparativo de desempenho das abordagens analíticas e de simulação para rede logística Olsen

<i>Medidas Desempenho</i>	<i>Custo Total</i>			<i>Prazo de Entrega</i>			<i>Nível de Serviço</i>		
	Analítico (R\$)	Simulação (R\$)	Desvio (%)	Analítico (Dias)	Simulação (Dias)	Desvio (%)	Analítico (%)	Simulação (%)	Desvio (%)
Cenário 1	395.399,80	398.437,33	0,77%	1	0,9	-10,00%	100%	97,40%	-2,67%
Cenário 2	369.668,14	348.457,44	-5,74%	3	2,9	-3,33%	100%	98,30%	-1,73%
Cenário 3	325.009,80	351.353,89	8,11%	15	15,3	2,00%	100%	96,70%	-3,41%
Cenário 5	53.000,00	49.756,67	-6,12%	30	32	6,67%	100%	97,30%	-2,77%

Fonte: Autor

para os indicadores de desempenho utilizados (custos total, prazo de entrega e nível de serviço). Assim, os gestores podem selecionar as estratégias de postergação mais apropriadas para essas alternativas, de acordo com suas preferências de desempenho (*trade-off*) entre desempenho logístico (eficácia) e custos logísticos (eficiência) para diferentes cenários e demanda futura. A seguir, o estudo de caso da rede logística Springer também é apresentado e discutido.

4.6.2 Estudo de Caso 2 – Springer

Na rede logística Springer (ver Figura 34), diferentes matérias-primas são supridas por três (3) fornecedores que as mantêm estoque, ou seja, usam a estratégia de produção denominada BTS (*Build To Stock*). Por sua vez, os produtos acabados são manufaturados em uma única planta, e, são então vendidos para um único mercado selecionado, composto por vários clientes. Atualmente, a planta também produz com base num plano de produção baseado na previsão de demanda do cliente, e, assim como os fornecedores, também usa a estratégia de produção denominada BTS (*Build To Stock*). Os produtos acabados são distribuídos aos clientes finais, a partir do inventário mantido no armazém de produtos acabados, que lida diretamente com os pedidos dos clientes finais. Para reproduzir a variação na demanda do cliente e avaliar os diferentes cenários modelados, foram utilizados dados históricos da demanda mensal como sendo apenas de um único produto acabado, denominado A3, conforme mostrado na Tabela 12.

Tabela 12 – Previsão da demanda dos clientes Springer

MÊS	DEMANDA
OUT/13	9.736
NOV/11	10.923
DEZ/11	8.416
JAN/12	7.345
FEV/12	11.336
MAR/12	11.426
ABR/12	10.780
MAI/12	12.809
JUN/12	11.492
JUL/12	12.831
AGO/12	18.377
SET/12	19.810

Fonte: Autor

Com esses parâmetros de entrada, os diferentes cenários foram simulados (ver Figuras 39, 40, 41 e 42), sendo que os mesmos serviram como ponto de partida para a seleção das estratégias de postergação mais adequadas para a rede logística Springer. Para cada cenário analisado, foi considerado a variação no prazo de entrega do pedido, e também, foram realizadas modificações na estratégia de produção para BTO (*Build To Order*), como critério de mudança na localização dos diferentes pontos de penetração de pedidos (OPP's) na rede logística Springer. Assim como na análise estática, isso permitiu modelar a rede logística de forma a utilizar uma estratégia de rede híbrida, ou seja, os processos antes do OPP utilizam uma estratégia BTS (*Build To Stock*), dirigidas por previsão, enquanto, os processos depois do OPP utilizam uma estratégia BTO (*Build To Order*), dirigida pela demanda real dos clientes.

Após a simulação com OTD-NET para confirmação da viabilidade dos diferentes cenários identificados na otimização analítica, o desempenho da rede logística de custos total (ver expressão 12), prazo de entrega (*lead time* do pedido) e o nível de serviço (ver expressão 4) também foram calculados. O Comparativo de desempenho das abordagens analíticas e de simulação para rede logística Springer é mostrado na Tabela 13. Os resultados cenários analisados para a rede logística, mostram que todos os cenários são viáveis do ponto de vista da postergação, pois o modelo de simulação também apresentou valores muito próximos e aceitáveis aos valores do modelo analítico. Assim, para o custo total da rede, o prazo de entrega e o nível de serviço, os resultados apresentados são aceitáveis para os indicadores de desempenho utilizados, conforme Tabela 13.

A partir dos resultados da aplicação do método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação nos dois estudos de caso apresentados aqui, na próxima seção (4.7), um portfólio de postergação foi recomendado.

4.7 RECOMENDAÇÕES DE UM PORTFÓLIO DE ESTRATÉGIAS POSTERGAÇÃO

Na última etapa do método (ver Figura 24), após a análise e discussão dos resultados obtidos na etapa anterior, são apresentadas as recomendações de um portfólio de estratégias de postergação para as redes logísticas analisadas. Assim, com base nos resultados da análise, foi possível selecionar um portfólio de estratégias de postergação para ambos os estudos de caso, conforme apresentado a seguir (seções 4.7.1 e 4.7.2).

Tabela 13 – Comparativo de desempenho das abordagens analíticas e de simulação para a rede logística Springer

MEDIDAS DESEMPENHO	CUSTO TOTAL			PRAZO DE ENTREGA			NÍVEL DE SERVIÇO		
	Analítico (R\$)	Simulação (R\$)	Desvio (%)	Analítico (Dias)	Simulação (Dias)	Desvio (%)	Analítico (%)	Simulação (%)	Desvio (%)
Cenário 1	164.749,25	165.933,25	0,72%	1,0	1,2	20,00%	100%	95,80%	-0,13%
Cenário 2	146.269,25	153.332,56	4,83%	3,0	3,3	10,00%	100%	97,13%	-0,09%
Cenário 3	134.681,00	136.893,32	1,64%	5,0	5,9	18,00%	100%	98,26%	-0,05%

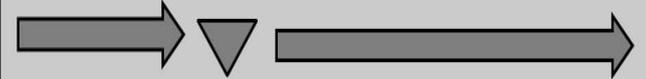
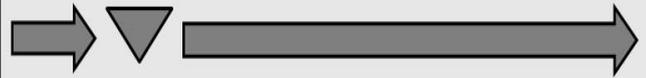
Fonte: Autor

4.7.1 Estudo de Caso 1 – Olsen

Os resultados do estudo de caso da rede logística Olsen recomendam a utilização do portfólio de estratégias de postergação, conforme Quadro 12. Para a rede logística Olsen foi definido, inicialmente, os diferentes segmentos de produto-cliente (ver coluna 1, Quadro 12). A segmentação produto-cliente foi realizada a partir da análise ABC de vendas, do perfil da demanda e dos coeficientes de variação da demanda para cada produto da família equipamento odontológico. A partir da localização dos múltiplos OPP's na rede logística Olsen (ver coluna 2, Quadro 12), foram selecionadas quatro (4) estratégias de postergação (ver coluna 3, Quadro 12). Além disso, para cada segmento produto-cliente identificado, uma proposta de valor específica foi desenvolvida, considerando: (1) prazo de entrega dos produtos; (2) nível de customização permitido; (3) nº de opções de produtos (permite ou não a postergação); e (4) preço de venda ao cliente (decisão que também pode ser postergada no tempo). Analisando o Quadro 12, a primeira linha mostra a segmentação produto-cliente 1, utilizada para os produtos com configuração padrão. Para o segmento produto-cliente 1, não é permitida nenhuma opção de customização dos produtos pelos clientes ($cv < 0,2$). Para o segmento produto-cliente 2, já existem algumas opções limitadas de customização do produto final ($cv = 0,21 - 0,40$). Aqui a empresa faz previsões apenas das opções que entraram no produto final. Já no segmento de produtos-clientes 3, os produtos são configurados a partir de um catálogo de opções ($cv = 0,41 - 0,60$). Os produtos são produzidos quando os clientes escolhem a partir de um catálogo de componentes e peças como personalizar o produto final. Finalmente, no segmento produto-cliente 4, os produtos são projetados com o cliente ($cv > 0,61$). Esse segmento exige um grande envolvimento dos clientes, além da captura dos requisitos e especificações do cliente. Nesse caso, os requisitos e especificações do cliente são analisados e os produtos projetados e cotados.

Por fim, verificou-se também, que a atual estratégia de rede logística da Olsen está alinhada à utilização do portfólio de estratégias de postergação, uma vez que utiliza atualmente uma estratégia de rede logística responsiva (ver seção 2.5).

Quadro 12 – Portfólio de estratégias de postergação rede logística Olsen

Segmento Produto-Cliente		Estratégia de Postergação	Proposta de Valor
1. Configuração Padrão (Sem Opções de configuração final do produtos)		Logística (cv < 0,2)	Prazo = 1 dia Nº Opções = ** Preço = \$\$
2. Configuração Limitada (Pouco número de opções design, componentes, cores e acessórios)		Montagem (cv = 0,21-0,40)	Prazo = 3 dias Nº Opções = *** Preço = \$\$\$
3. Configurado pelo Cliente (Grande número de opções de um catálogo de materiais, componentes e acessórios)		Produção (cv = 0,41-0,60)	Prazo = 15 dias Nº Opções = **** Preço = \$\$\$\$
4. Projeto com Cliente (Opções ilimitadas)		Compras (cv > 0,61)	Prazo = 30 dias Nº Opções = ***** Preço = \$\$\$\$\$

Fonte: Autor

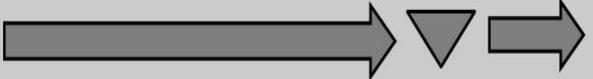
4.7.2 Estudo de Caso 2 – Springer

A rede logística Springer, devido as suas características operacionais, apresentou um limitado conjunto de opções de estratégias de postergação, em comparação ao estudo de caso Olsen. Assim como no caso anterior, inicialmente, três diferentes segmentos de produto-cliente, conforme detalhado no Quadro 13, foram definidos a partir da análise da curva ABC de vendas, do perfil da demanda e do volume-variabilidade da demanda, para cada produto da família selim de motocicleta. A partir do resultado da otimização para a localização dos múltiplos OPP's na rede logística Springer (ver coluna 2, Quadro 13), e da sua confirmação dos resultados do modelo analítico pelo modelo de simulação com OTD-NET, foram selecionadas três (3) estratégias de postergação (ver coluna 3, Quadro 13) para cada segmento produto-cliente (ver coluna 1, Quadro 13).

Considerando os mesmos critérios usados no caso Olsen, para cada segmento produto-cliente identificado no Quadro 13, foi desenvolvida uma proposta de valor específica ao cliente (ver coluna 4, Quadro 13): (1) prazo de entrega dos produtos; (2) nível de customização; (3) nº de opções de produtos permitido; e; (4) preço de venda ao cliente. Dessa forma, para o segmento produto-cliente 1, os produtos possuem um pequeno nº de produtos acabados com uma configuração padrão ($cv < 0,2$). Para este segmento, não é permitida qualquer customização dos produtos finais pelos clientes. Para o segmento produto-clientes com opções limitadas ($cv = 0,21 - 0,40$), o nº de opções já é maior e é permitida a customização dos produtos, mas de forma limitada. Nesse caso, a empresa faz previsões apenas das opções (componentes) que entraram no produto final. Já no segmento produtos-clientes 4, os produtos são configurados pelos clientes a partir de um catálogo de opções ($cv = 0,41 - 0,60$). Assim, os produtos são produzidos, quando os clientes escolhem como personalizar o produto final, a partir de um catálogo de materiais, componentes e peças.

Entretanto, apesar da seleção de um portfólio de estratégias de postergação, verificou-se que a atual estratégia de rede logística da Springer não está adequada para a utilização dessa abordagem, uma vez que utiliza a estratégia com foco na eficiência (custo). Nesse caso, para utilizar todas as estratégias de postergação selecionadas no portfólio, será preciso fazer uma alteração na estratégia da rede logística, de forma a aumentar a flexibilidade, transformando-a em uma estratégia responsiva (ver seção 2.3.4). Isso é necessário, primeiramente, devido à surpreendente variedade de produtos existente (25 diferentes modelos)

Quadro 13– Resumo do portfólio de estratégias de postergação rede logística Springer

Segmento Produto-Cliente		Estratégia de Postergação	Proposta de Valor
1. Configuração Padrão (Sem Opções de configuração final do produtos)		Logística (cv < 0,2)	Prazo = 1 dia Nº Opções = ** Preço = \$\$
2. Configuração Limitada (Opções limitadas de design, materiais, componentes, cores e acessórios)		Montagem (cv < 0,21-0,40)	Prazo = 3 dias Nº Opções = *** Preço = \$\$\$
3. Configurado pelo Cliente (Grande número de opções de um catálogo de materiais, componentes e acessórios)		Produção (cv < 0,41-0,60)	Prazo = 5 dias Nº Opções = **** Preço = \$\$\$\$

Fonte: Autor

para a família de produtos analisada. A grande variedade de produtos existente, torna muito difícil o uso de planejamento e programação dos produtos acabados, baseado em previsões e em grandes lotes de produção. Para utilizar as estratégias de postergação, o planejamento baseado em previsões devem ser realizados apenas na parte empurrada da rede (antes do OPP). Por outro lado, a programação ocorre apenas nos processos de montagem e distribuição dos produtos, que são postergados pois, estão localizados após OPP, e que por isso, são realizados com base na demanda real do cliente. A empresa deve também reduzir os tempos dos processos (ex.: *setup*, suprimento, etc.), nas etapas antes do OPP, de forma a permitir produzir lotes menores em cada etapa do processo.

4.8 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Este capítulo apresentou os resultados da aplicação do método desenvolvido para a seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas, na forma de dois estudos de caso contrastantes.

O método proposto permitiu identificar a fronteira da eficiência para ambas as redes analisadas. A fronteira da eficiência separou os processos realizados de forma antecipada (antes dos OPP's) daqueles processos realizados de forma postergada (após os OPP's).

Ao final, um portfólio de diferentes estratégias de postergação foi proposto para cada caso analisado, baseado no posicionamento dos múltiplos OPP's na rede logística, e na segmentação de produtos-clientes para as famílias de produtos analisadas e nas propostas de valor específicas identificadas para cada segmento. Como isso, foi possível identificar a curva de desempenho em relação aos dois objetivos eficiência (medido pelo custo total da rede) e eficácia (medida pelo tempo total do pedido e pelo grau de atendimento do produto) para diferentes estratégias (especulação pura, estratégias híbridas e postergação pura). Dessa forma, verificou-se que o método proposto permite que os gestores possam decidir quais estratégias de postergação selecionar para a rede logística, com base em diferentes prazos e custos associados a cada opção de postergação.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este capítulo apresenta as conclusões e recomendações da pesquisa, com base nos resultados da aplicação empírica sobre o modelo para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas proposto nesta tese.

5.1 CONCLUSÕES

No ambiente competitivo industrial atual, a incerteza da demanda e o excesso de inventário são a regra. Os clientes exigem uma grande variedade e customização dos produtos, mas com prazo de entrega curtos e custo baixos. Nesse contexto, a utilização de estratégias de postergação na rede logística com base no tempo é uma opção natural, pois permitem reduzir os custos e riscos associados com a antecipação (especulação) dos processos, e ao mesmo tempo, satisfazer as necessidades dos clientes. Entretanto, embora exista um grande esforço e evolução sobre o conceito de postergação e sua adaptação em redes logísticas, não foi identificado na literatura consultada, nenhum método considerando um portfólio de estratégias de postergação. Dessa forma, para preencher essa lacuna de pesquisa, um método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação foi desenvolvido (ver Figura 24).

O método foi baseado num modelo com múltiplas perspectivas, considerando diferentes estratégias de postergação, seus fatores direcionadores, indicadores de desempenho, além das estratégias da rede logística. Além disso, utilizou-se no o método uma abordagem integrada analítica e de simulação.

O método proposto foi testado empiricamente em dois estudos de caso contrastantes. Ao final, o método e os dados levantados permitiram identificar oportunidades de melhorias na rede logística, com o desenvolvimento de um portfólio de diferentes estratégias de postergação para ambos os casos objetos de estudo. Conclui-se assim, que o método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas funcionou adequadamente e que os dados utilizados são válidos, uma vez que ambos estão adequados a seu propósito. O teste empírico do método demonstrou a funcionalidade, bem como sensibilidade, uma vez que identificou, mesmo para as redes logísticas com características operacionais contrastantes, um portfólio de estratégias de postergação. Além disso, conclui-se também que os dados utilizados no modelo são válidos, pois permitiram identificar as características operacionais das redes logísticas analisadas, bem como o

seu desempenho, em termos de prazo total de entrega, custo total da rede e nível de serviço. Em resumo, a funcionalidade do método, bem como os dados utilizados na tese, permitiram encontrar uma combinação equilibrada entre as estratégias de especulação e postergação, sujeita à restrições do custo total, prazo de entrega e nível de serviço.

Conclui-se também que todos os objetivos propostos na tese foram alcançados. O objetivo geral da tese foi desenvolver um método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas, sendo que esse objetivo foi realizado na etapa de desenvolvimento da metodologia, conforme ilustrado na Figura 24 (ver seção 3.4, página 126). Para alcançar o objetivo geral, todos os objetivos específicos também foram realizados. O primeiro objetivo específico foi alcançado com a definição do conceito de postergação no tempo para a tese (ver seção 3.2.3, página 84). O segundo objetivo específico, também foi alcançado (ver seção 3.2, página 138), quando foram definidos que os fatores direcionadores da adaptação da estratégia de postergação para esta tese (produto, processo, mercado e as características da rede logística). O terceiro objetivo específico da tese, a definição dos indicadores de desempenho para estratégias de postergação, foi alcançado na seção 3.3, conforme o Quadro 9, na página 131. O quarto objetivo, a análise da funcionalidade do métodos e dos dados levantados na pesquisa de campo, também foi alcançado, conforme descrito no capítulo 5.1, página 208.

De forma geral, o método proposto nesta tese apresentou contribuições teóricas e práticas importantes. Entre as contribuições teóricas do método, destacam-se a de demonstrar a relação entre as diferentes estratégias de postergação e as diferentes propostas de valor para diferentes segmentos de produtos-clientes da rede e a utilização da abordagem da cadeia de processos logísticos baseada em produtos. Além disso, o método contribuiu também no direcionamento e extensão de novas pesquisas de uso de estratégias de forma concorrente e simultânea, bem como a ampliação do entendimento tema postergação no contexto de redes logísticas industriais. Já com relação as suas contribuições práticas, podem ser consideradas a tomada de decisão para a configuração da rede logística, através da avaliação de diferentes cenários e parâmetros de processos, com foco no *lead time* (tempo entrega x tempo processo). Outras contribuições práticas foram o foco no cliente e suas diferentes necessidades (segmentação produto-cliente), bem como a relação causa-efeito na localização da posição dos múltiplos OPP's e as diferentes estratégias de postergação. O método permitiu ainda enxergar a individualidade da rede logística e ao mesmo

tempo compará-la a outra rede, além da possibilidade de enxergar oportunidades, riscos e gargalos.

De forma geral, esta tese contribuiu para ampliar, de forma efetiva, o entendimento do tema postergação em redes logísticas, e, também, em avançar no desenvolvimento das teorias existentes para seleção de estratégias de postergação. Por isso, acredito que o método proposto nesta tese pode agora ser utilizado para aumentar a competitividade das empresas industriais brasileiras.

5.2 RECOMENDAÇÕES

Como um novo método para seleção de estratégias de postergação em redes logísticas industriais, esse método oferece uma boa alternativa para identificar as melhores opções de estratégias de postergação para uma determinada rede logística. Através das medidas de desempenho utilizadas (custo total, prazo de entrega e nível de serviço) os gestores podem selecionar as estratégias de postergação mais apropriadas de acordo com suas preferências de desempenho (*trade-off*) entre desempenho logístico (eficácia) e custos logísticos (eficiência), considerando diferentes cenários. Entretanto, existem ainda vários aspectos que precisam ser mais bem pesquisados, mas que não devem ser consideradas como uma oportunidade final de pesquisa.

Uma primeira recomendação é a adoção de diferentes abordagens matemáticas de otimização (ex.: programação multi-objetivo, algoritmos genéticos, etc.) para resolver o problema de localização de múltiplos OPP's na rede logística, bem como o uso de outros simuladores (ex.: Arena, Flexin, etc.), e ainda a utilização de abordagens de simulação otimizada.

Além disso, esta tese considerou apenas três (3) medidas de desempenho críticas: (1) prazo de entrega; (2) custo logístico total; e, (3) nível de serviço (grau de atendimento do produto), e, esses três indicadores de desempenho cobrem apenas duas categorias do objetivo geral de desempenho de redes logísticas (eficiência e eficácia) proposto no modelo (ver Figura 22). Dessa forma, uma segunda recomendação é que outras dimensões (ex. ecológica) e medidas de desempenho (ex.: emissão CO₂) devem ser testadas com o método proposto, de forma a permitir avaliar os resultados de forma mais compreensiva e sistemática em outras dimensões como a ecológica.

Uma terceira recomendação de pesquisa é para que o método seja aplicado em redes logísticas mais complexas e com diferentes topologias (ex.: distribuição).

Além disso, recomenda-se também, que o método para seleção de um portfólio de estratégias de postergação em redes logísticas seja considerado para medir os riscos e incertezas da rede logística, quando da adoção de diferentes estratégias aplicadas à rede logística (ex.: *lean*), devido ao aumento da vulnerabilidade da rede logística.

Como uma última recomendação, deve-se considerar também a aplicação do método em redes logísticas de diferentes setores industriais, bem como naquelas com diferentes tipos de produtos. Por exemplo, aplicá-lo no setor automotivo e de alimentos, ou ainda, pesquisa as implicações de utilizá-lo em produtos com diferentes níveis de componentes comuns, ou produtos com maior complexidade na estrutura, ou mesmo em redes logísticas com diferentes categorias de produtos (ex.: híbridos). Isso seria importante para formar um banco de dados de desempenho de empresas Brasileiras, e permitir fazer um *Benchmark* em diferentes setores industriais.

REFERENCIAS

- ALDERSON, W. **Marketing efficiency and the principle of postponement**. Cost and Profit Outlook, 1950.
- APPELQVIST, P.; GUBI, E. Postponed variety creation: case study in consume electronics retail. **International Journal of Retail & Distribution Management**, v. 33, n. 10, p. 734-48, 2005.
- ARNADT, H. **Supply Chain Management: Optimierung Logistischer Prozesse**, 5 ed.; atualisada e atualizada edição. Lehrbuch. Wiesbaden: Glaber, p.52-77, 114-151, 2010.
- APICS - ASSOCIATION FOR OPERATIONS MANAGEMENT. Disponível em <http://www.apics.org/>. Acesso em: 25/05/2013.
- AVIVI, Y.; FEDERGRUEN, A. Design for postponement: a comprehensive characterization of its benefits under unknown demand distributions. **Operations Research**, v. 49, n. 4, p. 578-598, 2001.
- AXSÄTER, S. Inventory Control. 2nd ed. **International Series in Operations Research & Management Science**. New York, NY: Springer, 2006.
- AITKEN, J., CHILDERHOUSE, P.; TOWILL, D.R. The impact of product life cycle on supply chain strategy. **International Journal of Production Economics**, v.85, n.2, p. 127-40, 2003.
- BALLOU, R.H. Reformulating a Logistics Strategy: A Concern for the Past, Present and Future. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v.11, n. 8, p. 71-83, 1981.
- _____. **Logística Empresarial, gerenciamento da cadeia de suprimentos:Planejamento, organização controle da cadeia de suprimentos**.5ªe.Person Education:Person Prentice Hall, p.1-389, 2004.
- BATTEZZATI, L., MAGNANI, R. Supply chains for FMCG and industrial products in Italy practices and the advantages of postponement. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.30, n. 5, p. 413, 2000.

BEAMON, B. Supply chain design and analysis: Models and methods. **International Journal of Production Economics**, v.55, n.3, p.281-294, 1998.

BERG, B.L. **Qualitative research methods for the social sciences**. Boston: Allyn and Bacon, 2001.

BILLER, S., MURIEL, A., ZHANG, Y. Impact of price postponement on capacity and flexibility investment decision. **Production and Operations Management**, v.15, n.2, p.198-214, 2006.

BITITCI U.S., CARRIE, A.S., MCDEVITT, L.G. Integrated Performance Measurement Systems: A Development Guide. **International Journal of Operations and Production Management**, v.17, n.6, May/June, MCB University Press, p. 522-535, 1997.

BLAIKIE, N. **Approaches to social enquiry**. 2ed. Cambridge: Polity, 2007.

BLECKER, T.H.; ABDELKAFI, N. Variety Management in Assemble-to-Order Supply Chains. In: BLECKER, TH., FRIEDRICH, G., HVAM, L. and EDWARDS, K. (Eds.): **Customer Interaction and Customer Integration, Proceedings of the Joint Conference of International Mass Customization**, v.2, p.39-55, 2006.

BOONE, C. A.; CRAIGHEAD, C.W.; HANNA, J.B. Postponement: an evolving supply chain concept. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 37, n.8, p.594-611, 2007.

BOWERSOX, D. J., CARTER, P. L., MONCZKA, R. M. Material Logistics Management. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 15, n. 5, p. 27-35, 1985

_____ ; CLOSS, D. J. **Logística Empresarial: O processo de Integração da Cadeia de Suprimentos**. São Paulo: Atlas, 2001.

_____ ; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B. **Gestão Logística de Cadeias de Suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

- BREWER, P.C.; SPEH, T.W. Adapting balanced scorecard to supply chain management. **Supply Chain Management Review**, v.5, n.2, p.48-56, 2001.
- BROWN, A.O., LEE, H.L., PETRANKAN, R. Xilinx improves its semiconductor supply chain using product and process postponement. **Interface**, Vol. 30 No. 4, pp. 65-80, 2000.
- BRYMAN, A. **Quantity and Quality in Social Research**. London: Unwin Hyman, 1988
- BUCKLIN, L.P. Postponement, speculation and structure of distribution channels. **Journal of Marketing Research**, v. 2, p. 26-32, 1965.
- BUSCH, A.; DANGELMAIER, W. **Integriertes Supply Chain Management**, Gabler-Verlag, 2004.
- CAN, K. C. **Postponement, mass customization, modularization and customer order decoupling point: building the model of relationships**. Master Thesis. Department of Management and Engineering, ÖLinköping University, Institute of Technology, Linköping, Sweden, 2008.
- CARVALHO, M.C.M. **Construindo o saber**. 2. ed. Campinas: Papyrus, 2000.
- COLLIN, J.; LORENZIN, D. Plan for supply chain agility at Nokia: Lessons from the mobile infrastructure industry. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.36, n.6, p.418-430, 2006.
- CHENG, T.C.E.; WAN; WANG. **Postponement Strategies in Supply Chain Management**, New York, NY: Springer New York, , 2010
- CHILDERHOUSE, P.; AITKEN, J.; TOWILL, D.R. Analysis and design of focused demand chain. **Journal of Operations Management**, p. 675- 689, 2002.
- CHOPRA, S.; MEINDEL, P. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Estratégia, Planejamento e Operação**. São Paulo: Prentice Hall, 2010.

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para reduzir os custos e a melhoria de serviços**. São Paulo: Pioneira, 1992.

_____. The Agile Supply Chain: Competing in Volatile Markets. **Industrial Marketing Management**, v. 29, n. 1, p. 37-44, 2000.

_____; TOWILL, D.R. Supply chain migration from lean and functional to agile and customized. **Supply Chain Management: An International Journal**, v.5, n. 4, p. 206–213, 2000.

_____. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: criando redes que agregam valor**. Tradução de Mauro de Campos Silva, 2.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

_____; HOLWEG, M. Supply Chain 2.0: managing supply chains in the era of turbulence. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.41, n.1, p.63-82, 2011.

COOPER, J.C. Logistics strategies for global businesses. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.23, n.4, p. 12-23, 1993.

CSCMP. **CSCMP Terms and Glosary**, 2010. Disponível em: <https://cscmp.org/>. Acesso em: 30/07/2013.

CRESWELL, J. W., SHOPE, R., CLARK, V. L. P., GREEN, D. O. **How interpretive qualitative research extends mixed methods research**. *Research in the Schools*, v.13, p.1–11, 2006.

CRESWELL, J. W. **Research design: Qualitative and mixed methods approaches**. London: Sage, 2009.

CROTTY, M. **The Foundation of Social Research: Meaning and Perspectives in the Research Process**. London: Sage, 1998.

DAVIS, T. Effective Supply Chain Management, **Sloan Management Review: Summer**, July 15, 1994.

DAVILA, T., WOUTERS, M. Measuring the benefits of product standardization and postponement of configuration in a supply chain. In: **The Practice of Supply Chain Management: Where Theory and Application Collide**, Terry P. Harrisson, Hau L. Lee, & John J. Neale (Editors), Kluwer Academic Publishers: Boston, 2006.

DAWSON, C. **Practical Research Methods: A User-friendly Guide to Mastering Research Techniques and Projects**. How To Books Ltd, p.158, 2002.

DELFMANN, W. Supply Chain Management in the Global Context. **Data Management**, (102), (2000).

DENSCOMBE, M. **The Good Research Guide**. Buckingham. Open University Press, 1998.

DENZIN, N.K., LINCOLN, Y.S. **Handbook of Qualitative Research**. London: Sage, 2000.

DICIONÁRIO MICHAELIS. Disponível em: http://michaelis.uol.com.br/moderno/ingles/definicao/ingles-portugues/postponement%20_476789.html. Acesso em: 12/05/2013.

DORNIER, P.P., ERNST, R., FENDER, M., KOUVETIS, P. **Logística e operações globais**, Editora Atlas: São Paulo, p.721, 2000.

DREYER, D. E. Performance measurement: a practitioner's perspective. **Supply Chain Management Review**, v. 4, n. 4, p. 63-68, 2000.

EASTERBY-SMITH, M., R. THORPE; LOWE, A. **Management Research: An Introduction**. 3rd edition, London: Sage Publication, 2012.

ERICSON, D. **Demand chain management** – the evolution. Orion, v.27, n. 1, p. 45–81, 2010.

ERNST, R.; KAMRAD, B. Evaluation of supply chain structures through modularization and postponement. **European Journal of Operational Research**, v. 124, p.495-510, 2000.

FAWCETT, S.E.; ELLRAM, L.M.; OGDEN, J.A. **Supply Chain Management: from Vision to Implementation**. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, p.405-429, 2007.

FDC – FUNDAÇÃO DOM CABRAL. **Custos Logísticos no Brasil 2014**. Disponível em: <http://www.fdc.org.br/blogespacodialogo/Lists/Postagens/Post.aspx?ID=379>. Acesso em: 20/05/15.

FEITZINGER, E.; LEE, H.L. Mass Customization at Hewlett-Packard: The Power of Postponement. **Harvard Business Review**, 1996.

FILZ, B. **Einführung Einer Unternehmenslogistik –Strategien, Kozepte und Wege zum Aufbaun einer Gansheitlichen Logistik**, Seminarband, VDI Bildungswerk, Düsseldorf, p.5-57, 1993.

FISHER, M.L. What Is the Right Supply Chain For Your Products? The **International Journal of Logistics Management**, v.15, n.2, p.77–92, 1997.

FORZA, C.; SALVADOR, F. Product configuration and inter-firm coordination: an innovative solution from a small manufacturing enterprise. **Computers in Industry**, v.49, n.1, September, p. 37-46 C, 2002,

FRITZSON, P. **Principles of object-oriented modeling and simulation with Modelica 2.1**. Piscataway, NJ: IEEE Press, p.3-14, 2004.

FU, M.C. Simulation for Optimization: Theory vs. Practice. **Informis Journal on Computing**, vol.14, n°3, p.192-215, 2002.

GARCIA-DASTUGUE, S. J.; LAMBERT, D.M. Inter-Organizacional Time Based Postponement. **Journal of Business Logistics**, v.28, n. 1, 2007.

GARG, A.; TANG, C. On postponement strategies for product families with multiple points of differentiation. **IIE Transactions**, n. 29, p. 641, 1997.

GARTNER GROUP. **Top 25 supply chains, 2014**. Disponível em: <http://www.gartner.com/technology/supply-chain/top25.jsp>. Acesso em: 15.05.2013.

GATTORNA, J. *Living Supply Chains: Alinhamento dinâmico de cadeia de valor*. São Paulo: FT Prentice Hall, 2009.

GODSELL, J.; DIEFENBACH, T.; CLEMMOW, C.; TOWILL, D.; CHRISTOPHER, M. Enabling supply chain segmentation through demand profiling, **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.41, n.3, p.296 – 314, 2011.

GRAMAN, G.A.; MAGAZINE, M.J. Implementation issues influencing the decision to adopt postponement. **International Journal of Operations & Production Management**, v.26, n. 10, p.1068–1083, 2006.

GRAMAN, G. A. A partial-postponement decision cost model. **European Journal of Operational Research**, v.201, n. 1, p.34–44, 2010.

GRANOT, D.; YIN, S. Price and order postponement in a decentralized newsvendor model with multiplicative and price-dependent demand. **Operations Research**, v.56, n.1, p.121-139, 2008.

GRAY, D. E. **Doing research in the real world**. SAGE Publications, 440 p., 2013

GUBA, E.G., LINCOLN, Y.S. Competing paradigms in social research. In: N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), **The landscape of qualitative research**, pp. 195-220. London: Sage, 1998.

GUNASEKARAN, A., PATEL, C.; MCGAUGHEY, R.E. A framework for supply chain performance measurement. **International Journal of Production Economics**, v.87, n. 3, p.333–34, 2004.

GUNASEKARAN, A., PATEL, C.; TIRTIROGLU, E. Performance measures and metrics in a supply chain environment. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 21, n. 1/2, p.71–87, 2001.

HAUSMAN, W.H. Supply Chain Performance Metrics. In: Harrison, Terry P. **The practice of supply chain management: where theory and application converge**. Terry P. Harrison, Hau L. Lee, John J. Neale, P. C.M., 2002.

HOEKSTRA, S.; ROMME, J. **Integrated Logistics Structures: Developing Customer Oriented Goods Flow**. McGraw-Hill, London, 1992.

HOLMBERG, S. A systems perspective on supply chain measurements. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v.30, n.10, p. 847–868, 2000.

HUANG, G.Q., LAU, J.S.K., MAK, K.L. The impacts of sharing production information on supply chain dynamics: A review of the literature. **International Journal of Production Research**, v.41, p.1483–1517, 2003.

HULT, G.T.M.; CRAIGHEAD, C.W. Risk Uncertainty and Supply Chain Decisions : A Real Options Perspective. **Decision Sciences**, v.41, n.3, p.435–458, 2010.

ILOS – Instituto de Logística e Supply Chain. **Custos Logísticos no Brasil, 2012**. Disponível em: http://www.ilos.com.br/ilos_2014/analise-de-mercado/relatorios-de-pesquisa/custos-logisticos-no-brasil/. Acesso em: 20/06/2013.

JOHNSON, E.M.; ANDERSON, E. Postponement strategies for channel derivatives. **The International Journal of Logistics Management**, v.11, n.1, p. 19-35, 2000.

JOHNSON, T.; KAPLAN, R. **Rise and Fall of Management Accounting**. **Management Accounting**, IMA, January, p. 22-30, 1987.
KAPLAN R.S.; NORTON D. P. **Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action**. Harvard Business School Press, 1996.

KEEGAN, D.P., EILER, R.G. and JONES, C.R. Are your performance measures obsolete? **Management Accounting**, June, p. 45-50, 1989.

KISPERSKA-MORON, D.; SWIERCZEK, A. The selected determinants of manufacturing postponement within supply chain context: An international study. **International Journal of Production Economics**, v.133, n. 1, September, p. 192, 2011.

KLEIJNEN, J. P. C. Supply chain simulation tools and techniques: a survey. **International Journal of Simulation & Process Modelling**, v.1, n. 1/2, 2000.

KLINGBEL, K. **Entwurf eines Referenzmodells für Built-to-Order-Konzepte in Logistiknetzwerken der Automobilindustrie**. Unternehmenslogistik, Dortmund: Verlag Praxiswissen, 2009, XXII, 228 S, 2009.

KRAJEWSKI, L., WEI, J., C.; TANG, L. L. Responding to schedule changes in build to order supply chains. **Journal of Operations Management**, v.23, p.452-469, 2005.

KUHN, A. (Hrsg.). **Prozessketten in der Logistik: Entwicklungstrends und Umsetzungsstrategien**. Dortmund, 1995.

_____ ; HELLINGRATH, B. **Supply Chain Management Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette**. Springer: Berlin. 2002.

LAMBERT, DOUGLAS M.; TERRANCE L. POHLEN. Supply Chain Metrics. **The International Journal of Logistics Management**, v.12, n.1, p. 1-19, 2001.

LAMPEL, J.; MINTZBERG, H. Customizing Customization. **Sloan Management Review**, v. 38, n. 1, p. 21-30, 1996.

LAW, A.M.; KELTON, W.D. **Simulation modeling and analysis**. 3rd ed., McGraw-Hill series in industrial engineering and management science. Boston: McGraw-Hill, 307 p., 2000.

LEE, H.L.; BILLINGTON, C.; CARTER, B. Hewlett-Packard gains control of inventory and service through design for localization. **Interfaces**, v.23, n.4,p.1-11, 1993

_____.; BILLINGTON, C. Designing products and processes for postponement. In: **Management of design: Engineering and management perspectives**, ed. Sriram Dasu and Charles Eastman, Springer, p.105–122, 1994.

_____.; TANG, C.S. Modeling the Costs and Benefits of Delayed Product Differentiation. **Management Science**, v.43, n.1, p.40-53, 1997.
_____. The triple-A supply chain. *Harvard Business Review*, pp.1–12, 2004.

_____. Postponement for Mass Customization. In: J. Gattorna (ed) **Strategic Supply Chain Alignment: Best Practice in Supply Chain Management**. Aldershot, Hampshire, England: The Gower Press, p.77-99, 1998.

_____. Aligning supply chain strategies with product uncertainties. **California management review**, v.44, n. 3, 2002.

MALONI, M; BENTON, W. C. Power influences in the supply chain. **Journal of Business Logistics**, v. 21, n. 1, p. 49-73, 2000.

MANGAN, J., LALWANI, C.; BUTCHER, T. **Global Logistics and Supply Chain Management**. Chichester: Wiley.2010.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

MARIA, A. Introduction to Modeling and Simulation. **Proceedings of 1999 Winter Simulation Conference**, p.1490-1495. 1997.

MARRIAM-WEBSTER ONLINE. Disponível em:
<http://www.merriam-webster.com/dictionary/postponement>. Acesso em: 23/03/2013.

MASON-JONES, R.; TOWILL, D.R. Using the Information Decoupling Point to Improve Supply Chain Performance. **The International Journal of Logistics Management**, v.10, n. 2, p.13–26, 1999.

_____.; NAYLOR, B.; TOWILL, D. Lean, agile or leagile? Matching your supply chain to the marketplace. **International Journal of Production Research**, v.38, n. 17, p. 4061–4070, 2000.

MENTZER, J. T.; DEWITT, W.; KEEBLER, J. S.; MIN, S.; NIX, N. W.; SMITH, C. D.; ZACHARIA, Z. G. Defining supply chain management. **Journal of Business logistics**, v.22, n. 2, p.1-25, 2011.

MIGUEL, P.A.C; FLEURY, A.; MELLO, C.H.P.; NAKANO, D.B.; LIMA, E. P; TURRIONI ,J.B; HO, L.L; MORABITO, R.; MARTINS, R.A.; SOUSA, R.; COSTA., S.G.E.; PUREZA, V. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2ª ed., Rio de Janeiro: Elsevier: ABREPO, 2012.

MIKKOLA, J.H.; SKJØTT-LARSEN, T. Supply Chain Integration: Implications for Mass Customization, Modularization and Postponement Strategies. **Production Planning Control**, v.15, n. 4, p.352–361, 2004.

MULLINS, J.W.; SUTHERLAND, D.J. New Product Development in Rapidly Changing Markets: An Exploratory Study. **Journal of Product Innovation Management**, v.15, n.3, p.224–236, 1998.

NEELY, A.; ADAMS, C.; CROWE, P., The Performance Prism in Practice. **Measuring Business Excellence**, v.5, n. 2, p. 6-12, 2001.

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, p.107-118, 1999.

NOVAES, A. N. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: Estratégia, Operação e Avaliação**. 2o ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

OGAWA, S.; PILLER, F. Reducing the Risks of NewProduct Development. **Sloan Management Review**, v.47, n.2, WINTER, 2006.

OLHAGER, J. The Role of the Customer Order Decoupling Point in Production and Supply Chain Management. **Computers in Industry**, v.61, n.9, p. 863-86, 2012.

PAGH, J.D; COOPER, M.C. Supply Chain Postponement and Speculation Strategy: How to Choose the Right Strategy. **Journal of Business Logistics**, v.19, n. 2, 1998.

PIRES, S. R. I. **Gestão da Cadeia de Suprimentos: Conceitos, Estratégias, Práticas e Casos - Supply Chain Management**. São Paulo: Atlas, 2004.

RAMDAS, K. Managing Product Variety: an Integrative Review and Research Directions. **Production and Operations Management**, v.12, n.1, p.79, 2003.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

RUSHTON, A.; OXLEY, J.; CROUCHER, P. **The Handbook of Logistics and Distribution Management**. 2nd ed, Kogan Page:London, p.213, 2002.

SAMPAIO, M.; CSILLAG, J. M. Direcionadores na Difusão da Estratégia de Postponement: Casos de Empresas Brasileiras. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 14, p. 20-39, 2010.

SAUNDERS, M. **Research Methods for Business Students**. Pearson Education, Business, 514 p., 2003.

SCHÖNSLEBEN, P. **Integrales Logistikmanagement: Planung und Steuerung von umfassenden Geschäftsprozessen**, Berlin:Springer Verlag, , 2004.

SHAPIRO, R.D. Get Leverage from Logistics. **Harvard Business Review**, May-Jun., pp. 119-126, 1984.

SHARMAN, G. The Rediscovery of Logistics. **Harvard Business Review**, Sep.-Oct. pp. 71-79, 1984.

SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. **Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Case Studies**. McGraw-Hill, 2003.

_____. **Operations Rules: Delivering Customer Value through Flexible Operations**, MIT Press, Cambridge, MA, 2010.

SKIPWORTH, H.; HARRISON, A. Implications of Form Postponement to Manufacturing: a Cross Case Comparison. **International Journal of Production Research**, v. 42, n. 10, p. 2063-208, 2004.

_____. Implications of form postponement to manufacturing a customized product. **International Journal of Production Research**, v.44, n.8, p.1627-1652, 2006.

SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Tradução Maria Teresa Corrêa de Oliveira, Fábio Alher; revisão técnica Henrique Luiz Corrêa – 2ª ed., São Paulo: Editora Atlas, 2007.

SRIVASTAVA, S. Green Supply Chain Management: A state of the art literature review. **International Journal of Management Reviews**, 2007.

STÄBLEIN, T.; HOLWEG, M.; MIEMCZYK, J. Theoretical Versus Actual Product Variety, How Much Customization Do Customers Really Demand? **International Journal of Operations & Production Management**, v. 31, p.350-370, 2011.

STARR, M. K. Modular Production - A New Concept. **Harvard Business Review**, Nov/Dec., 1965.

STAVRULAKI, E.; DAVIS, M. Aligning Products With Supply Chain Processes and Strategy. **The International Journal of Logistics Management**, v.21, n.1, p.127-151, 2010.

STERN, J. M.; STEWART, G. B.; CHEW, D. H. The EVA® Financial Management System. **Journal of Applied Corporate Finance**, v.8, n. 2, p. 32-46, 1995.

STEWART, G. Supply Chain Performance Benchmarking Study Reveals Keys to Supply Chain Excellence. **Logistics Information Management**, v.8, n.2, p.38 – 44, 1995.

STOCK, J.R.; LAMBERT, D. M. **Strategic Logistics Management**. 4th ed., McGraw-Hill International Edition, 2001.

SUN X. Y, JI P., SUN L.Y., WANG Y.L. Positioning Multiple Decoupling Points in an Supply Network. **International Journal of Production Economics**, v.113, n. 2, p. 943-956, 2008.

SWAMINATHAN, J.; TAYUR, S. Managing Broader Product Variety Through Delayed Differentiation using Vanilla Boxes. **Management Science**, v.44, n.12, p.161-172, 1998.

SWAMINATHAN, J.M., LEE, H.L. Design for Postponement. In: **Handbooks in Operations Research and Management Science**. Supply Chain Management: Design, Coordination and Operation. Edited by S.C. Graves, and A.G. de Kok, v.11, p.199–226, 2003.

TANGEN, T. Insights from Research: Improving the Performance of a Performance Measure. **Measuring Business Excellence**, v.9, n.2, p. 4-11, 2005.

TEN HOMPEL, M. **Taschenlexikon Logistik**, Springer:Berlin, 2008.

THOMAS. K. **Supply chain segmentation: 10 steps to greater profits**. Supply Chain Quarterly, Quarter I, CSCMP, 2012. Disponível em:<http://www.supplychainquarterly.com/topics/Strategy/201201segmentation/>. Acesso em: 11/03/2013.

THONEMANN, U.W.; BRADLEY, J.R. The Effect of Product Variety on Supply Chain Performance. **European Journal of Operational Research**, v.143, n.3,p. 548–569, 2002.

VAN DONK, D.P. Make to Stock or Make to Order: the Decoupling Point in the Food Processing Industries. **International Journal of Production Economics**, v.69, n. 2, p.297-306, 2001.

VAN HOEK, R. Postponed Manufacturing: a case study in the food supply chain. **Supply Chain Management:An International Journal**, v.2, n.2, p. 63-75, 1997.

_____. Measuring the Unmeasurable: measuring and improving performance in the supply chain. **Supply Chain Management** v.3, n. 4, p. 187-192, 1998.

VAN HOEK, R.; CAMMANDEUR, H.; VOS, B. Reconfiguring Logistics Systems Through Postponement Strategies. **Journal of Business Logistics**, v. 19, p. 33, 1998.

_____; VOS, B.; COMMANDEUR, H.R. Restructuring European Supply Chains by Implementing Postponement Strategies. **Long Range Planning**, v.32, n.5, p.505–518, 1998.

_____. The Rediscovery of Postponement: A Literature Review and Directions for Research. **Journal of Operations Management**, v. 19, n. 2, p. 161-184, 2001.

VAN MIEGHEM, J.A.; DADA, M. Price versus Production Postponement: Capacity and Competition. **Management Science**, v.45, n. 12, p.1631–1649, 1999.

VASTAG, A. Distribution. In: Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H. Furmans, K. (eds). **Handbuch Logistik**. 3rd ed., Springer, Berlin, Heidelberg, p.405-455, 2008.

VENKATESH, S.S.J.; SWAMINATHAN J.M. **Managing Product Variety Through Postponement: Concept and Applications**. In: The Practice of Supply Chain Management: Where Theory and Application Converge. International Series in Operations Research & Management Science, Springer, v.62, p.139–155, 2004.

VEREIN DEUTSCHER INGENIERUE (VDI), **Richtlinie 4400, Logistikkennzahl für die Distribution**. Düsseldorf, 2002.

_____. **Richtlinie 3633, Blatt 1 Entwurf: Simulation von Logistik, Material-Fluss und Produktionssystem**. Grundlagen: Dusseldorf, p.3-5, 2010.

WALLER, M A; DABHOLKAR, P.; GENTRY, J. Postponement, Product Customization, and Market-oriented Supply Chain Management. **Journal of Business Logistics**, v.21, n. 2, p.133–160, 2000.

WATERS, D. **Development and Trends in Supply Chain Management**. In: Water, D. (ed.), Global Logistics and Distribution

Planning: Strategies for Management. 4nd ed. London: Kogan Page, p.3-21, 2003.

WATERS, D. **Inventory Management**, In: BREWER, A.M.; BUTTON, K.J.; HENSHER, D.A. (eds), Handbook of Logistics and supply Chain Management, 1 ed. Handbook in transportation 2, Amsterdam: Pergamon, p.195-212, 2007.

WHANG, S.; LEE, H.L. **Value of postponement**. In T. Ho & C. Tang, eds. Kluwer, p. 65–84, 1998.

WIKNER J.; RUDBERG, M. Integrating production and engineering perspectives on the customer order decoupling point. **International Journal of Operations and Production Management**, v.25, n.7, p.623-64, 2005.

WIKNER, J., WONG, H. Postponement Based on the Positioning of the Differentiation and Decoupling Points. **In IFIP International Federation for Information Processing, Advances in Production Management Systems**, eds. Olhager, J., Persson, F., Boston: Springer, v.246, p. 143–150, 2007.

WINKLER, H. **Beitrag zur Positionierung von Kundenentkopplungspunkten in Produktionsnetzwerken**. Dissertation, Technische Universität Dortmund, Fakultät Maschinenbau, 2009.

WISNER, J.D.; LEONG, E.K; TAN, K.C. **Principles of Supply Chain Management: A Balanced Approach**. 3.ed, int. Mason Ohio: South-Western Cengage Learning, 526 p., 2011.

WONG, H., WIKNER, J. e NAIM, M. Analysis of form postponement based on optimal positioning of the differentiation point and stocking decisions. **International Journal of Production Research**, v.47, n. 5, p. 1201-1224, 2009.

YANG, B.; BURNS, N. Implications of postponement for the supply chain. **International Journal of Production Research**, v.41, n. 9, p.2075–2090, 2003.

_____ ; BURNS, N.D.; BACKHOUSE, C.J. Postponement: a review and an integrated framework. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 24, n. 5, p.468–487, 2004a.

_____ ; BURNS, N.D.; BACKHOUSE, C.J. Management of uncertainty through postponement. **International Journal of Production Research**. v.42, n. 6, p. 1049–1064, 2004b.

_____ ; YANG, Y. Postponement in Supply Chain Risk Management: a Complexity Perspective. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 7, p.1901–1912, 2010.

_____ ; YANG, Y.; WIJNGAARD, J. Postponement: an Inter-Organizational Perspective. **International Journal of Production Research**, v. 45, n.4, p. 971-988, 2007.

YEUNG, J.H.Y., SELES, W., DEMING, Z., MIN, Z. Postponement Strategy from a Supply Chain Perspective: Cases From China. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 37, n.4, p.333, 2007.

YIN, R. **Estudo de Caso**. Planejamento e Métodos. Porto Alegre: Bookman, 2004.

ZANG, C.; TAN, G. Classification of Postponement Strategies and Performance Metrics Framework. In: **PACIFIC ÁSIA CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS (PACIS 2001) Proceedings**, Soul Korea, 20-22 june, 2001.

ZINN, W.; BOWERSOX, D.J. **Planning physical distribution with the principle of postponement**. Journal of Business Logistics 9 (2), 117–137, 1988.

_____ ; LEVY, M. Speculative inventory management: a total channel perspective. **The International Journal of Physical Distribution and Materials Management**, v.18, n. 5, p.34–39, 1988.

_____. Developing heuristics to estimate the impact of postponement on safety stock. **The International Journal of Logistics Management**, v.1, n. 2, p.11–16, 1990.

ZIPKIN, P.H. **Foundations of Inventory Management**. Boston: McGraw-Hill, 2000.

ZNOU, D. An empirical study of the role of postponement application in reducing supply chain complexity. **IEEE International Engineering Management Conference**, v.1, n.3, p.448–453, 2002.

APÊNDICE

APÊNDICE A - PARECER DE LEGITIMAÇÃO DA METODOLOGIA POR PARTE DOS ESPECIALISTAS

A1: Especialista ORLEM PINHEIRO DE LIMA

Empresa: SPRINGER PLÁSTICOS DA AMAZÔNIA S.A

O processo de legitimação de uma pesquisa científica significa estabelecer o aceite ou não da estrutura do modelo proposto, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho desenvolvido.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese (Desenvolver uma metodologia para seleção de estratégias de *postponement* em redes logísticas), analise: (1) a estrutura do método proposto, (2) os fatores operacionais considerados (produto, processo, mercado e cadeia de suprimentos); e, (3) as medidas de desempenho (Estoque, Financeiro, Ativos, Ecologia, Tempo e Valor ao Cliente) a fim de verificar se os mesmo atendem ao objetivo proposto.

1. É possível verificar a convergência da estrutura do modelo (método) proposto com o objetivo geral da tese?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Entendo que pela ausência de uma sistematização da seleção de estratégias de *postponement* é possível sua convergência e propiciará apoio às decisões gerenciais, promovendo o alinhamento as diversas estratégias da organização.

2. Você julga o objetivo geral da tese (Desenvolver uma metodologia para seleção de estratégias de *postponement* em redes logísticas) um tema relevante considerando a realidade empresarial atual?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: No momento atual conhecendo todos os modelos disponíveis, poderá fazer uso da melhor opção para aprimorar o desempenho logístico analisando todos os aspectos que poderão impactar nas redes logísticas.

3. Na sua opinião qual o grau de importância (baixa/média/alta) que o método proposto tem como ferramenta para suporte a decisão gerencial considerando a realidade empresarial?

Baixa importância Média importância Alta importância

Justifique sua resposta: Creio que dependerá do segmento de atuação, pois, dependendo da ênfase que a empresa dê na questão do planejamento e ou controle. Por exemplo, em empresas de produção de bens de consumo, onde trabalham com *forecast* ou release e a variedades de produtos e componentes e mudanças de modelos são grandes e o ambiente produtivo muito dinâmico onde o foco seria no controle, teria alta importância, contudo, numa fabricação de navios ou aeronaves a ênfase seria maior no planejamento e teria média ou baixa importância.

4. Você considera que o tema da tese: seleção de estratégias de *postponement* em redes logísticas é importante para a melhoria do desempenho dessas redes logísticas?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Vejo como importante contribuição para melhoria do desempenho da logística e redes logísticas.

5. Você considera que os fatores utilizados para identificar as condições operacionais da rede logística (produto, processo, mercado e cadeia de suprimentos) estão alinhados ao objetivo geral da tese?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Contudo, acrescentaria no driver do *supply chain* o fluxo de informações que poderá até está subentendido, mais que eu destacaria face sua importância.

6. Você considera que as medidas de desempenho utilizadas (Inventário, Financeiro, Ativos, Ecológico, Tempo e Valor ao Cliente) bem como suas métricas para identificar o impacto da adoção de estratégias de *postponement* em redes logísticas estão alinhados ao objetivo geral da tese?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Porém, acrescentaria na métrica do atributo estoque a questão da acuracidade.

7. Você identifica alguma fase da estrutura do método proposto, algum fator (produto, processo, mercado e cadeia de suprimentos) ou alguma das medidas (Inventário, Financeiro, Ativos, Ecológico, Tempo e Valor ao Cliente) e métricas de desempenho utilizadas que julgue significativo e necessário para a seleção da estratégia de *postponement*, e que não

foram contemplados na tese para identificar as condições operacionais da rede? Sem sim, indique quais são.

(x) Sim () Não () Em parte

Justifique sua resposta: Como já explicado nas questões de número 5 e 6 acrescentaria no atributo: valor ao cliente (velocidade de atendimento ou flexibilidade) e no atributo financeiro (o custo de captação de recursos).

Espaço livre para considerações finais: Observo que seu trabalho trará grande contribuição à academia. Parabéns! Conforme algumas observações já mencionadas acima.

A2: Especialista LEONARDO GENTILE

Empresa: BIMG BRASIL IND. DE MÁQ. PARA GASTRONOMIA LTDA.

O processo de legitimação de uma pesquisa científica significa estabelecer o aceite ou não da estrutura do modelo proposto, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese (Desenvolver uma metodologia para seleção de estratégias de *postponement* em redes logísticas), analise: (1) a estrutura do método proposto, (2) os fatores operacionais considerados (produto, processo, mercado e cadeia de suprimentos), e (3) as medidas de desempenho (Estoque, Financeiro, Ativos, Ecologia, Tempo e Valor ao Cliente) a fim de verificar se os mesmo atendem ao objetivo proposto.

1. É possível verificar a convergência da estrutura do modelo (método) proposto com o objetivo geral da tese?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Nota-se que com a identificação da rede produtiva através das análises sobre Produto, Processo, Mercado e Cadeia de Suprimentos, frente aos indicadores de performance de Eficiência, Meio ambiente e Eficácia, é possível obter convergência para o objetivo geral que seria o desenvolvimento de um modelo para seleção de qual (is) estratégia (s) de *postponement* é (são) mais indicado (s) para se obter uma alta performance na rede logística com *Postponement Supply Chain*.

2. Você julga o objetivo geral da tese (Desenvolver uma metodologia para seleção de estratégias de *postponement* em redes logísticas) um tema relevante considerando a realidade empresarial atual?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Como as exigências do mercado competitivo são cada vez maiores e o conceito de *postponement* ainda é pouco difundido na literatura e entre as práticas empresariais, é interessante haver uma pesquisa sobre o tema com a divulgação de seus resultados para um melhor entendimento de todas as possibilidades que podem ser adotadas,

seus resultados quando aplicadas, e como selecionar a melhor estratégia conforme as características da rede produtiva.

3. Na sua opinião qual o grau de importância (baixa/média/alta) que o método proposto tem como ferramenta para suporte a decisão gerencial considerando a realidade empresarial?

Baixa importância Média importância Alta importância

Justifique sua resposta: É interessante sim haver um estudo sobre uma metodologia para dar suporte e facilitar a escolha gerencial por estratégias de *postponement*, principalmente para os casos de redes logísticas que caracterizem maiores benefícios e necessidade da utilização deste princípio, embora exista casos mais simplificados em que a utilização do modelo tenha um menor impacto de utilização devido a própria característica da rede.

4. Você considera que o tema da tese: seleção de estratégias de *postponement* em rede logísticas é importante para a melhoria do desempenho dessas redes logísticas?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Sempre que houver pressão do mercado por eficiência logística da rede produtiva como diferencial competitivo, com certeza uma correta seleção de estratégia de *postponement* pode ajudar a obter estas melhorias de desempenho global.

5. Você considera que os fatores utilizados para identificar as condições operacionais de redes logísticas (produto, processo, mercado e cadeia de suprimentos) estão alinhados ao objetivo geral da tese?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: A identificação da rede produtiva está bem coberta pelos fatores utilizados, pois avalia fatores operacionais internos, externos e demanda de mercado em sua composição.

6. Você considera que as medidas de desempenho utilizadas (Inventário, Financeiro, Ativos, Ecológico, Tempo e Valor ao Cliente) bem como suas métricas para identificar o impacto da adoção de estratégias de *postponement* em redes logísticas estão alinhados ao objetivo geral da tese?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: As métricas e atributos utilizados como indicadores de desempenho para avaliar a performance das redes

logísticas antes e após a utilização do modelo de *postponement* estão bem pertinentes ao processo. Cabe durante sua utilização considerar os dados de forma dinâmica, evitando indicadores estáticos de desempenho, que muitas vezes podem mascarar uma situação que ocorre durante o cotidiano das atividades da rede.

7. Você identifica alguma fase da estrutura do método proposto, algum fator (produto, processo, mercado e cadeia de suprimentos) ou alguma das medidas (Inventário, Financeiro, Ativos, Ecológico, Tempo e Valor ao Cliente) e métricas de desempenho utilizadas que julgue significativo e necessário para a seleção da estratégia de *postponement*, e que não foram contemplados na tese para identificar as condições operacionais da rede? Se sim, indique quais são.

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Sem proposta de outros elementos para o estudo desta metodologia.

8. Espaço livre para considerações finais.

A3: Especialista ADRIANO SIMÕES MENDES

Empresa: ENVISION INDÚSTRIA DE PRODUTOS ELETRÔNICOS LTDA

O processo de legitimação de uma pesquisa científica significa estabelecer o aceite ou não da estrutura do modelo proposto, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral e específico da tese (Desenvolver uma metodologia para seleção de estratégias de *postponement* em redes logísticas), analise: (1) a estrutura do modelo proposto, (2) os fatores operacionais considerados (produto, processo, mercado e cadeia de suprimentos), e, (3) as medidas de desempenho (Estoque, Financeiro, Ativos, Ecologia, Tempo e Valor ao Cliente) a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo proposto.

1. É possível verificar a convergência da estrutura do modelo (método) proposto com o objetivo geral da tese?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: É possível desde que tenhamos o produto ou a cadeia de produtos que se adeque a metodologia empregada pela estratégia de *postponement*.

2. Você julga o objetivo geral da tese (Desenvolver um modelo para seleção de estratégias de *postponement* em redes logísticas) um tema relevante considerando a realidade empresarial atual?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Atualmente mediante a competitividade acirrada no mundo corporativo, existe a necessidade de encontrar meios que venham reduzir custos na cadeia produtiva como um todo agregando maior rentabilidade para o empresário /acionista.

3. Na sua opinião qual o grau de importância (baixa/média/alta) que o método proposto tem como ferramenta para suporte a decisão gerencial considerando a realidade empresarial?

Baixa importância Média importância Alta importância

Justifique sua resposta: Considero o método de alta importância, pois este possibilita a gestão do negócio uma visão geral de sua cadeia produtiva, desde a aquisição da matéria prima até a entrega do produto final para seu cliente.

4. Você considera que o tema da tese: seleção de estratégias de *postponement* em redes logísticas é importante para a melhoria do desempenho dessas redes logísticas?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Considero este de extrema importância, demonstra ao empresário todas as etapas que devem ser seguidas para que o modelo proposto seja aproveitado em sua totalidade.

5. Você considera que os fatores utilizados para identificar as condições operacionais de redes logísticas (produto, processo, mercado e cadeia de suprimentos) estão alinhados ao objetivo geral da tese?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Sim, pois estes são os fatores fundamentais para o sucesso ou fracasso da implementação da estratégia de *postponement*. Todas as condições devem ser avaliadas minuciosamente a fim verificar se o modelo de negócio sugerido se adequa a estratégia.

6. Você considera que as medidas de desempenho utilizadas (Inventário, Financeiro, Ativos, Ecológico, Tempo e Valor ao Cliente) bem como suas métricas para identificar o impacto da adoção de estratégias de *postponement* em redes logísticas estão alinhados ao objetivo geral da tese?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Esta resposta é um complemento da pergunta acima. Caso alguma medida de desempenho ou a condição operacional não se encaixe nesta metodologia, esta poderá comprometer o resultado que venha a ser esperado pós-implementação do *postponement*.

7. Você identifica alguma fase da estrutura do método proposto, algum fator (produto, processo, mercado e cadeia de suprimentos) ou alguma das medidas (Inventário, Financeiro, Ativos, Ecológico, Tempo e Valor ao Cliente) e métricas de desempenho utilizadas que julgue significativo e necessário para a seleção da estratégia de *postponement*, e que não foram contemplados na tese para identificar as condições operacionais da rede? Sem sim, indique quais são.

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Não, pelo que pude observar o método proposto aborda toda a cadeia produtiva do negócio.

8. Espaço livre para considerações finais.

Como consideração final, apenas gostaria de reafirmar que o modelo é interessante, mas restritos há alguns tipos de negócios como, por exemplo, o de eletroeletrônicos do Polo Industrial de Manaus/AM.

A4: Especialista ELIAS MORAES DE ARAÚJO

Empresa: MITISUBISHI PHOTOGRAFIA LTDA

O processo de legitimação de uma pesquisa científica significa estabelecer o aceite ou não da estrutura do modelo proposto, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral da tese (Desenvolver uma metodologia para seleção de estratégias de *postponement* em redes logísticas), analise: (1) a estrutura do método proposto, (2) os fatores operacionais considerados (produto, processo, mercado e cadeia de suprimentos), e, (3) as medidas de desempenho (Estoque, Financeiro, Ativos, Ecologia, Tempo e Valor ao Cliente) a fim de verificar se os mesmo atendem ao objetivo proposto.

1. É possível verificar a convergência da estrutura do modelo (método) proposto com o objetivo geral da tese?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Baseado no objetivo geral que visa desenvolver um modelo identificando um portfólio de estratégia servir como instrumento para uma empresa.

2. Você julga o objetivo geral da tese (Desenvolver uma metodologia para seleção de estratégias de *postponement* em redes logísticas) um tema relevante considerando a realidade empresarial atual?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Porque depende do experimento do instrumento, na concepção do projeto tudo parece ter uma cognição, será necessária uma atuação em campo para validar se a proposta poderá ser alcançada sem fazer uma customização.

3. Na sua opinião qual o grau de importancia (baixa/média/alta) que o metodoproposto tem como ferramenta para suporte a decisão gerencial considerando a realidade empresarial?

Baixa importância Média importância Alta importância

Justifique sua resposta: Não podemos arbitrar uma grande importância, porque dependerá da estratégica da organização, case ele opte por uma operação do *postponement*, então prioridade será alta.

4. Você considera que o tema da tese: seleção de estratégias de postponement em redes logísticas é importante para a melhoria do desempenho dessas redes logísticas?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Já existem as customizações em alguns segmentos que facilitar este desenho, poderá ser desenhada com estratégia e fazer um *benchmarking* para comparar o aspecto vantajoso desta operação.

5. Você considera que os fatores utilizados para identificar as condições operacionais da rede produtiva (produto, processo, mercado e cadeia de suprimentos) estão alinhados ao objetivo geral da tese?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: A proposta é razoável, o modelo que será praticado envolve algumas complexidade para a operação, lead-time, customização, modularidade, desenvolvimento do produto, volume, flutuação de vendas, alguns fatores que necessitam de alta afirmação.

6. Você considera que as medidas de desempenho utilizadas (Inventário, Financeiro, Ativos, Ecológico, Tempo e Valor ao Cliente) bem como suas métricas para identificar o impacto da adoção de estratégias de postponement em redes logísticas estão alinhados ao objetivo geral da tese?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Muito, caso tudo isso seja mensurado de forma que os valores sejam representativos como economia e traduzam numa eficácia e inovação operacional, poderá ser uma ferramenta de alto desempenho para as organizações que buscam desesperadamente uma fórmula de adequar suas operações de forma eficiente.

7. Você identifica alguma fase da estrutura do método proposto, algum fator (produto, processo, mercado e cadeia de suprimentos) ou alguma das medidas (Inventário, Financeiro, Ativos, Ecológico, Tempo e Valor ao Cliente) e métricas de desempenho utilizadas que julgue significativo e necessário para a seleção da estratégia de postponement, e que não foram contemplados na tese para identificar as condições operacionais da rede? Sem sim, indique quais são.

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Poucas empresas sabem medir seu desempenho logístico, todas as empresas tem uma equipe para desenvolver inovações para se tornarem competitividade, caso a proposta traga uma visão clara,

comparando as vantagens operacionais que será objeto deste trabalho, onde a interação sinérgica seja um ponto de transição na velocidade ideal para uma empresa e validada com fatos e dados e que este instrumento seja um fator estratégico.

8. Espaço livre para considerações finais: Não tenho dúvida que é um trabalho que exigirá uma fonte para a aplicação deste instrumento, uma empresa que encare como uma estratégia a ser aplicada, com conceito e uma visão de inovação.

A5: Especialista – CLEBER DA COSTA

Empresa: OLSEN INDÚSTRIA E COMÉRCIO S/A

O processo de legitimação de uma pesquisa científica significa estabelecer o aceite ou não da estrutura do modelo proposto, sob aspectos práticos e teóricos, com base na análise do trabalho que se desenvolveu.

Questionário

Considerando-se o objetivo geral e específico da tese (Desenvolver uma metodologia para seleção de estratégias de *postponement* em redes logísticas), analise: (1) a estrutura do modelo proposto, (2) os fatores operacionais considerados (produto, processo, mercado e cadeia de suprimentos), e, (3) as medidas de desempenho (Estoque, Financeiro, Ativos, Ecologia, Tempo e Valor ao Cliente) a fim de verificar se os mesmos atendem ao objetivo proposto.

1. É possível verificar a convergência da estrutura do modelo (método) proposto com o objetivo geral da tese?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: O método proposto possibilita uma visão ampla e de simples entendimento da cadeia produtiva a fim de auxiliar na melhor estratégia de *postponement*.

2. Você julga o objetivo geral da tese (Desenvolver um modelo para seleção de estratégias de *postponement* em redes logísticas) um tema relevante considerando a realidade empresarial atual?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: No contexto mercadológico atual num cenário de onde o nível de competitividade é altíssimo, o tema tem suma relevância. A indústria tem que cada vez mais entregar mais por menos, ou seja, margens muito apertadas onde a eficiência operacional é fator determinante para o resultado do negócio.

3. Na sua opinião qual o grau de importância (baixa/média/alta) que o metodoproposto tem como ferramenta para suporte a decisão gerencial considerando a realidade empresarial?

Baixa importância Média importância Alta importância

Justifique sua resposta: Dada a complexidade de toda uma cadeia com mix cada vez mais variado, uma ferramenta que proporcione dados que

apoiem este tipo de decisão tem um grau de importância bastante elevado.

4. Você considera que o tema da tese: seleção de estratégias de postponement em redes logísticas é importante para a melhoria do desempenho dessas redes logísticas?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Cada cadeia de suprimento tem suas particularidades, entre outras variáveis, o tipo de produto, processo, quantidade de fornecedores envolvidos, mercado de atuação. Consequentemente cada situação vai demandar uma estratégia específica, e um método que auxilie na escolha na melhor estratégia vem de encontro como ferramenta de apoio à gestão da cadeia de suprimentos.

5. Você considera que os fatores utilizados para identificar as condições operacionais da rede produtiva (produto, processo, mercado e cadeia de suprimentos) estão alinhados ao objetivo geral da tese?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: Permite enxergar de forma clara e objetiva toda a cadeia.

6. Você considera que as medidas de desempenho utilizadas (Inventário, Financeiro, Ativos, Ecológico, Tempo e Valor ao Cliente) bem como suas métricas para identificar o impacto da adoção de estratégias de postponement em redes logísticas estão alinhados ao objetivo geral da tese?

Sim Não Em parte

Justifique sua resposta: O objetivo principal é escolher a estratégia que proporcione o melhor resultado. As medidas de desempenho e as métricas apresentadas possibilitam uma clara análise dos resultados que refletem o impacto da estratégia adotada, assim como o resultado do desempenho de toda cadeia.

7. Você identifica alguma fase da estrutura do método proposto, algum fator (produto, processo, mercado e cadeia de suprimentos) ou alguma das medidas (Inventário, Financeiro, Ativos, Ecológico, Tempo e Valor ao Cliente) e métricas de desempenho utilizadas que julgue significativo e necessário para a seleção da estratégia de postponement, e que não foram contemplados na tese para identificar as condições operacionais da rede? Sem sim, indique quais são.

() Sim (x) Não () Em parte

Justifique sua resposta: Seria possível abrir um pouco mais as medidas para análise, porém o método começaria a se torna complexo, o que não teria sentido, sendo que as métricas adotadas refletem aquilo que realmente impacta na agregação de valor e qualquer outra teria caráter secundário.

8. Espaço livre para considerações finais.

O método proposto apresentasse como uma fermentada de simples aplicação e análise de um problema de alta complexidade. E dado sua simplicidade torna-se uma ferramenta de aplicação prática no atual contexto organizacional.

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DA REDE LOGÍSTICA

B1: BIMG Brasil Indústria de Máquinas para Gastronomia Ltda.

1. Informações sobre a empresa:

Setor de Atividade: Indústria Metalúrgica de Máquinas e Equipamentos

Nº Funcionários: 200

Tipo de produto: () MP () Componentes (X) Produtos Acabados

Produção mensal: 7.000 máquinas Faturamento mensal: R\$ 4 milhões

Canais de Venda: (X) Exportação 30% (X) Interno 70 %

2. Questionário:

Inicialmente, identifique uma família de produtos que você considera poder aplicar a estratégia de *postponement*. A seguir, responda o questionário para identificação das características operacionais da rede logística, considerando os produtos, os processos, os mercados e a rede logística (cadeia de suprimentos) com base na família de produtos definida acima. Assinale as respostas no questionário abaixo, considerando os critérios da escala *Linkert*, variando de (1) Baixo a (5) Alto. (Ex. Variabilidade da demanda (1) Baixo e (5) Alta). Por favor, anote nas observações em cada pergunta, às informações mais precisas sobre cada uma das características (Ex.: Nível de Mudança de Volume do Produto => Obs.: aumento de aproximadamente 10 kg/produto acabado).

2.1. Dimensão Produtos

Produtos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
1. Nível de variabilidade da demanda?	Indique qual o grau de variabilidade da demanda baseado no valor do coeficiente variabilidade (cv) do produto em relação a sua demanda real. (cv= desvio padrão demanda/demanda média). cv < 0,4 tem baixa variabilidade da demanda, enquanto cv > 0,4 tem alta variabilidade da demanda.	X					Cv = 70,7 / 429 = 0,16
2. Nível de componentes comuns?	Número de componentes comuns (%) considerando os produtos acabados.		X				Polias, parafusos e similares, componentes elétricos.
3. Nível de periféricos específicos?	Número de periféricos específicos diferentes considerando os produtos acabados. (Indique n°)			X			Monobloco, volantes, portas, mesas, trilhos.
4. Nível de mudança de volume ou peso?	Após a customização do produto final ocorre a mudança de volume ou peso do produto (%).					X	Entre SFPP e SFEI há uma variação de peso de 255%.
5. Nível de densidade de valor?	Após a customização do produto ocorre um aumento no valor do produto em relação ao seu peso. (\$/m ³ ou \$/Kg)	X					Varição foi menor que 2%.

Fonte: BIMG

2.1. Dimensão Produtos (continuação)

Mercado	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
6. Nível de formulação/modelo específico?	Existe alguma formulação/modelo específico para esta família de produtos (Indique qual o nº de variedades de modelos na linha).			X			44 modelos diferentes somente mercado nacional.
7. Grau de incerteza da demanda?	Qual é o nível de incerteza da demanda para a família de produtos (Indique alta, média ou baixa).		X				Alteração de volume e mix.
8. Produto é do tipo inovador?	O produto tem características de inovador (alta incerteza da demanda, rápida velocidade de inovação, ciclo de vida curto e altas margens de lucro). Extremo inverso é um produto padronizado.	X					Produto padrão de mercado
9. Nível de customização dos produtos?	Qual é o nível de modularidade do produto de forma a permitir a customização para a família de produtos.		X				É customizável somente a potência do motor, cabo, kit de segurança elétrica.
10. Qual o nível de variedade de produtos?	Qual é a variedade de produtos acabados para a família de produtos. (Quantidade de diferentes versões do mesmo produto base)			X			1 Produto Base forma 4 Produtos diferentes.
11. Projeto de produto é modular?	Qual é o nível de modularidade do produto. (Número de módulos)			X			Possui 8 módulos de produto base.

Fonte: BIMG

2.2.Dimensão Processos

Processos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
1. Qual a viabilidade de divisão do processo (<i>Decoupling</i>)?	Existe possibilidade dos processos poderem ser dividido em etapas (embalagem, montagem, etc.)					X	Sim, o processo está dividido em setores. Expedição, Montagem, Pré-montagem, Pintura, Acabamento, Usinagem, Solda, Funilaria.
2. Qual o nível de flexibilidade dos processos de manufatura e logística?	Existe a utilização dos conceitos <i>Lean</i> na produção e logística (indique o grau de flexibilidade)					X	Existe conceitos <i>Lean</i> de manufatura, mas uma alta variação em volume ou mix pode ocasionar falta de materiais.
3. Qual o nível de complexidade dos processos?	O processo é muito complexo ou é simples. Qual é o grau de complexidade dos processos de manufatura e/ou logística (indique a restrição tecnológica, recursos. etc.)			X			Possui uma variação de processos considerável para a fabricação de peças.
4. Qual o nível de tecnologia de processo?	O grau tecnológico empregado nos processos de manufatura e logística. Necessidade de máquinas e processos especiais.				X		Possui máquinas com tecnologia avançada, com comando CNC como punçoneira, dobra e centro de usinagem.
5. Nível de projeto modular do processo?	O processo é projetado e operado considerando suas etapas como módulos. (Indique o %)			X			O processo é feito em recursos compartilhados através de lotes de produção.
6. Nível de incerteza do processo de suprimento?	Identifique o grau de incerteza do processo de suprimentos, para os materiais e componentes da família de produtos (Indique o %).		X				Existe uma incerteza de fornecimento em torno de 15%.

Fonte: BIMG

2.2. Dimensão Processos (continuação)

Mercado	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
7. Planejamento baseado em previsão?	O planejamento é baseado em previsão. Indicar o horizonte de previsão de demanda e os modelos de previsão utilizados (séries temporais, híbrido, regressão, etc.)		X				É utilizado médias de produção no ano para dimensionar lotes. A programação é feita sob pedido ou reposição de SM.
8. Duração lead time de suprimento?	Qual a duração do tempo de reabastecimento pelos fornecedores, considerando matérias-primas e componentes para a família de produtos. (Indique o nº de dias)				X		120 dias chapas 30 dias motores 15 dias fundidos, barras e tubos.
9. Incerteza do processo de produção?	Identifique o grau de incerteza do processo de produção (qualidade, quebras, etc.), para a família de produtos (indique o %).		X				Incerteza de 10%. Quebra de máquinas, ferramentas, falta de material / MO.
10. Duração do lead time de produção?	Identifique a duração do lead time do processo de produção, para a família de produtos. (Indique o nº de dias)			X			15 dias.
11. Tipo de processo de produção é contínuo?	Processo de produção contínuo é aquele totalmente automatizado (fluxo em linha ou produção em massa). No outro extremo temos o processo intermitente (lote ou sob encomenda). (Indique o tipo)	X					Processo em lote.

Fonte: BIMG

2.3. Dimensão Mercado

Mercado	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
1. Nível de flutuação do volume de vendas?	Indique qual é o nível de flutuação de vendas para a referida família de produtos (sazonalidades, picos, etc)		X				Existe uma certa sazonalidade e flutuação entre volume e mix ao longo do ano.
2. Tamanho do ciclo de vida dos produtos?	Qual é o ciclo de vida médio (cvm) dos produtos pertencentes à família analisada. (Indique o atual nível do ciclo de vida da família e o seu cvm em meses).				X		Os modelo base possuem ciclo de vida estendido. Existe atualizações periódicas nos modelos para adequação a normas e solicitações do mercado.
3. Prazo de entrega aceito pelo cliente é curto?	Qual é o prazo de entrega aceito pelo cliente, desde a colocação do pedido até o seu recebimento. (Indique o nº de dias)			X			O prazo é aceitável até 15 dias úteis.
4. Nível de confiabilidade na resposta requerido?	Qual é o nível de confiabilidade aceito na entrega dos pedidos dos clientes. (Indique o %)			X			Em momentos de alta demanda, boa parte dos clientes aceitam o faturamento de pedidos atrasados, mas existem casos em que é solicitado o seu cancelamento. Este índice não é medido.
5. Atende mercados variados?	Qual o número de mercado atendido pela família de produto (identifique os mercados).				X		Atende a mais de 20 países. Às vezes é feito alguma customização para o atendimento.

Fonte: BIMG

2.2. Dimensão Mercado (continuação)

Mercado	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
6. Importância da competição por preço?	Identifique a importância do fator preço para o cliente final da família de produto.				X		Fator preço é muitas vezes determinante para a decisão do consumidor
7. Importância da economia de escala?	Identifique a importância da economia de escala no suprimento, produção e na distribuição dos produtos.				X		Os clientes muitas vezes preferem receber seus pedidos na forma de carga consolidada única.
8. Nível de frequência de mudança no pedido?	Identificar o nível de frequência na mudança de volume e mix de produtos nos pedidos. (% em relação ao total de pedidos)		X				Existe alguns casos de pedidos que sofrem alteração no volume ou mix em relação ao original.
9. Nível de customização exigido?	Qual o nível de flexibilidade para customização dos produtos.		X				É exigido somente em casos especiais de clientes novos mercado exportação.
10. Nível de variedade de produtos exigido é alto?	Qual o nível de variedade requerida para a família de produtos. (Identifique o nível de variedade de produtos acabados).			X			O catálogo de produtos oferece 4 tipos de tamanho P, M, G e E, com 2 tipos de acabamento, pintado e inox.
11. O tempo de entrega dos pedidos é alto?	Tempo de entrega do pedido é o número de dias (horas) entre a colocação do pedido e a entrega física dos produtos (Indique o nº de dias)				X		Este tempo varia conforme demanda atual e localização do cliente. Pode variar entre 5 a 60 dias.

Fonte: BIMG

2.4. Dimensão Cadeia de Suprimentos

Cadeia Suprimento	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
1. Existe relacionamento colaborativo com fornecedores e/ou clientes?	Indique o nível colaboração (compartilhamento de informações, planejamento colaborativo, etc.) entre a sua empresa e as demais empresas da rede.			X			Há fornecedores que trabalham com o sistema puxado dimensionado pela BIMG. Outros fornecedores é processo normal.
2. Grau de confiabilidade no tempo de resposta e qualidade dos fornecedores?	Qual é o nível de confiabilidade com relação ao tempo de atendimento dos pedidos colocados nos fornecedores (indique % confiabilidade do fornecedor).				X		85% de confiança com a entrega / qualidade do material fornecido.
3. Há Divisão de Riscos e Benefícios com fornecedores e/ou clientes?	Existe algum programa relacionado a gestão da cadeia de suprimentos em que ocorre a divisão de riscos e benefícios com fornecedores e clientes.			X			Fornecedores JIT, há compromisso de que 100% do estoque do SM é absorvido. Para clientes, existem casos em que é aceito a devolução parcial de produtos que não obtiveram venda.
4. Nível de proximidade com fornecedores?	Os principais fornecedores de matéria-prima e componentes da família de produtos estão próximos à planta (indique distância em Km)			X			Muitos fornecedores se encontram na região de Joinville até o Vale do Itajaí. Outros de localizam em SP até RS. Há materiais que são importados da China.

Fonte: BIMG

2.3. Dimensão Cadeia de Suprimentos (continuação)

Cadeia Suprimento	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
5. Existe sequenciamento de peças e/ou componentes?	Indique a existência ou não de sistema de sequenciamento de peças com os fornecedores e como que frequência isso acontece.		X				Não, as peças e componentes são comprados por família, ou por utilização de kanban.
6. Existe restrições/mudança na legislação com relação aos produtos?	Existência de controle e/ou mudanças na legislação em relação à família de produtos. (Indique a legislação)					X	Nos últimos anos, tem existido muitas alterações referente segurança do equipamento, com a NR 12 e portaria 371 do INMETRO.
7. Existe planejamento integrado com fornecedores e/ou clientes?	Indique se existe a prática de planejamento colaborativo e quais as metodologias utilizadas (CPFR, Kanban, VMI, etc.).			X			Kanban com alguns fornecedores.
8. As fontes de suprimento são de múltiplos locais?	As fontes de suprimentos de componentes vitais são provenientes de vários locais e não se são concentradas em poucos fornecedores.			X			Por exemplo, chapas são importadas entre 2 ou 3 fornecedores que estão localizados em uma região próxima da China.

Fonte: BIMG

2.4 Dimensão Cadeia de Suprimentos (continuação)

Cadeia Suprimento	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
9. Sistemas de informações e comunicação são integrados com fornecedores e/ou clientes e permitem a visibilidade da rede produtiva entre os parceiros?	Existem sistemas de informação e comunicação integrados como fornecedores e/ou clientes (ERP, SCM, etc.). Isso permite uma maior colaboração e integração da rede (Indique quais são os sistemas utilizados)	X					Não existe integração dos sistemas de informação ERP.
10. A cadeia de suprimentos dos produtos ocorre em escala global (vários países)?	Se a rede logística compete globalmente, a customização dos produtos é geralmente requerida para uma base local. (Indique os mercados atendidos pela rede)	X					Não, existe mercado exportação para mais de 20 países, principalmente na América Latina e África. Existe customização para alguns clientes, como Austrália por exemplo.
11. O volume de materiais e produtos fabricados e/ou transportados é grande?	Os lotes de comprados fornecedores/clientes são em grandes volumes (Indique o volume médio/pedido)			X			Dependendo do tipo de material e localização do fornecedor, lotes variam de 10 até 120 dias de consumo. Clientes maiores utilizam cargas consolidadas em contêiner ou carreta.

Fonte: BIMG

B2: Mitsubishi Photographia Ltda.

1. Informações sobre a empresa:

Setor de Atividade: Material Fotográfico N° Funcionários: 86
Tipo de produto: () MP () Componentes (X) Produtos Acabados
Produção mensal: 45.000 Rolos Faturamento mensal: R\$ 8 milhões
Canais de Venda: (X) Exportação 5% (X) Interno 95%

2. Questionário:

Inicialmente, identifique uma família de produtos que você considera poder aplicar a estratégia de postponement. A seguir, responda o questionário para identificação das características operacionais da rede logística, considerando os produtos, os processos, os mercados e a rede logística (cadeia de suprimentos) com base na família de produtos definida acima. Assinale as respostas no questionário abaixo, considerando os critérios da escala Linkert, variando de (1) Baixo a (5) Alto. (Ex. Variabilidade da demanda (1) Baixo e (5) Alta). Por favor, anote nas observações em cada pergunta, às informações mais precisas sobre cada uma das características (Ex.: Nível de Mudança de Volume do Produto => Obs.: aumento de aproximadamente 10 kg/produto acabado).

2.1. Dimensão Produtos

Produtos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
1. Nível de variabilidade da demanda?	Indique qual o grau de variabilidade da demanda baseado no valor do coeficiente variabilidade (Cv) do produto em relação a sua demanda real. (Cv= desvio padrão demanda/demanda média). Cv < 0,4 tem baixa variabilidade da demanda, enquanto Cv > 0,4 tem alta variabilidade da demanda.			X			
2. Nível de componentes comuns?	Número de componentes comuns (%) considerando os produtos acabados.		X				
3. Nível de periféricos específicos?	Número de periféricos específicos diferentes considerando os produtos acabados. (Indique nº)	X					
4. Nível de mudança de volume ou peso?	Após a customização do produto final ocorre a mudança de volume ou peso do produto (%).	X					
5. Nível de densidade de valor?	Após a customização do produto ocorre um aumento no valor do produto em relação ao seu peso. (\$/m ³ ou \$/Kg)	X					
6. Nível de formulação/modulo específico?	Existe alguma formulação/modelo específico para esta família de produtos (Indique qual o nº de variedades de modelos na linha).		X				

Fonte: Mitsubishi

2.1. Dimensão Produtos (continuação)

Produtos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
7. Grau de incerteza da demanda?	Qual é o nível de incerteza da demanda para a família de produtos (Indique alta, média ou baixa).				X		
8. Produto é do tipo inovador?	O produto tem características de inovador (alta incerteza da demanda, rápida velocidade de inovação, ciclo de vida curto e altas margens de lucro). Extremo inverso é um produto padronizado.					X	
9. Nível de customização dos produtos?	Qual é o nível de modularidade do produto de forma a permitir a customização para a família de produtos.					X	
10. Qual o nível de variedade de produtos?	Qual é a variedade de produtos acabados para a família de produtos. (Quantidade de diferentes versões do mesmo produto base)	X					
11. Projeto de produto é modular?	Qual é o nível de modularidade do produto. (Número de módulos)	X					

Fonte: Mitsubishi

2.2. Dimensão Processos

Processos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
1. Qual a viabilidade de divisão do processo (<i>Decoupling</i>)?	Existe possibilidade dos processos poderem ser dividido em etapas (embalagem, montagem, etc.)					X	
2. Qual o nível de flexibilidade dos processos de manufatura e logística?	Existe a utilização dos conceitos <i>Lean</i> na produção e logística (indique o grau de flexibilidade)			X			Na produção sim, na Logística não tendo em vista a questão da janela do porto de Santos
3. Qual o nível de complexidade dos processos?	O processo é muito complexo ou é simples. Qual é o grau de complexidade dos processos de manufatura e/ou logística (indique a restrição tecnológica, recursos, etc.)	X					
4. Qual o nível de tecnologia de processo?	O grau tecnológico empregado nos processos de manufatura e logística. Necessidade de máquinas e processos especiais.		X				
5. Nível de projeto modular do processo?	O processo é projetado e operado considerando suas etapas como módulos. (Indique o %)		X				
6. Nível de incerteza do processo de suprimento?	Identifique o grau de incerteza do processo de suprimentos, para os materiais e componentes da família de produtos (Indique o %).		X				No Pim temos os Sinais de liberação – Cinza – Amarelo e vermelho que podem atrasar o suprimento

Fonte: Mitsubishi

2.2. Dimensão Processos (continuação)

Processos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
7. Planejamento baseado em previsão?	O planejamento é baseado em previsão. Indicar o horizonte de previsão de demanda e os modelos de previsão utilizados (séries temporais, híbrido, regressão, etc.)					X	
8. Duração lead time de suprimento?	Qual a duração do tempo de reabastecimento pelos fornecedores, considerando matérias-primas e componentes para a família de produtos. (Indique o nº de dias)			X			
9. Incerteza do processo de produção?	Identifique o grau de incerteza do processo de produção (qualidade, quebras, etc), para a família de produtos (indique o %).	X					
10. Duração do lead time de produção?	Identifique a duração do lead time do processo de produção, para a família de produtos. (Indique o nº de dias)					X	
11. Tipo de processo de produção é contínuo?	Processo de produção contínuo é aquele totalmente automatizado (fluxo em linha ou produção em massa). No outro extremo temos o processo intermitente (lote ou sob encomenda). (Indique o tipo)					X	

Fonte: Mitsubishi

2.3. Dimensão Mercado

Mercado	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
1. Nível de flutuação do volume de vendas?	Indique qual é o nível de flutuação de vendas para a referida família de produtos (sazonalidades, picos, etc..)					X	No mercado Brasileiro temos no máximo 6 <i>dealers</i> a dependência é alta
2. Tamanho do ciclo de vida dos produtos?	Qual é o ciclo de vida médio (cvm) dos produtos pertencentes à família analisada. (Indique o atual nível do ciclo de vida da família e o seu cvm em meses).					X	O Brasil o problema é umidade para os nossos produtos.
3. Prazo de entrega aceito pelo cliente é curto?	Qual é o prazo de entrega aceito pelo cliente, desde a colocação do pedido até o seu recebimento. (Indique o nº de dias)					X	Sempre atendido no prazo
4. Nível de confiabilidade na resposta requerido?	Qual é o nível de confiabilidade aceito na entrega dos pedidos dos clientes. (Indique o %)					X	Prontidão 5
5. Atende mercados variados?	Qual o número de mercado atendido pela família de produto (identifique os mercados).		X				
6. Importância da competição por preço?	Identifique a importância do fator preço para o cliente final da família de produto.	X					Não em face da taxa de US\$ muita alta no momento
7. Importância da economia de escala?	Identifique a importância da economia de escala no suprimento, produção e na distribuição dos produtos.	X					
8. Nível de frequência de mudança no pedido?	Identificar o nível de frequência na mudança de volume e mix de produtos nos pedidos. (% em relação ao total de pedidos)		X				
9. Nível de customização exigido?	Qual o nível de flexibilidade para customização dos produtos.	X					

Fonte: Mitsubishi

2.3. Dimensão Mercado (continuação)

Mercado	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
10. Nível de variedade de produtos exigido é alto?	Qual o nível de variedade requerida para a família de produtos. (Identifique o nível de variedade de produtos acabados).	X					
11. O tempo de entrega dos pedidos é alto?	Tempo de entrega do pedido é o número de dias (horas) entre a colocação do pedido e a entrega física dos produtos (Indique o nº de dias)					X	Cumprimos o agendamento estabelecido

Fonte: Mitsubishi

2.4. Dimensão Cadeia de Suprimentos

Cadeia de Suprimentos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
1. Existe relacionamento colaborativo com fornecedores e/ou clientes?	Indique o nível de colaboração (compartilhamento de informações, planejamento colaborativo, etc.) entre a sua empresa e as demais empresas da rede.					X	
2. Grau de confiabilidade no tempo de resposta e qualidade dos fornecedores?	Qual é o nível de confiabilidade com relação ao tempo de atendimento dos pedidos colocados nos fornecedores (indique % confiabilidade do fornecedor).					X	
3. Há Divisão de Riscos e Benefícios com fornecedores e/ou clientes?	Existe algum programa relacionado a gestão da cadeia de suprimentos em que ocorre a divisão de riscos e benefícios com fornecedores e clientes.					X	
4. Nível de proximidade com fornecedores?	Os principais fornecedores de matéria-prima e componentes da família de produtos estão próximos à planta (indique distância em Km)					X	
5. Existe sequenciamento de peças e/ou componentes?	Indique a existência ou não de sistema de sequenciamento de peças com os fornecedores e como que frequência isso acontece.	X					
6. Existe restrições/mudança na legislação com relação aos produtos?	Existência de controle e/ou mudanças na legislação em relação à família de produtos. (Indique a legislação)	X					
7. Existe planejamento integrado com fornecedores e/ou clientes?	Indique se existe a prática de planejamento colaborativo e quais as metodologias utilizadas (CPFR, Kanban, VMI, etc.).					X	

Fonte: Mitsubishi

2.4. Dimensão Cadeia de Suprimentos (continuação)

Cadeia de Suprimentos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
8. As fontes de suprimento são de múltiplos locais?	As fontes de suprimentos de componentes vitais são provenientes de vários locais e não se são concentradas em poucos fornecedores	X					90% estrangeiro
9. Sistemas de informações e comunicação são integrados com fornecedores e/ou clientes e permitem a visibilidade da rede produtiva entre os parceiros?	Existem sistemas de informação e comunicação integrados como fornecedores e/ou clientes (ERP, SCM, etc.). Isso permite uma maior colaboração e integração da rede (Indique quais são os sistemas utilizados)					X	
10. A cadeia de suprimentos dos produtos ocorre em escala global (vários países)?	Se a rede logística compete globalmente, a customização dos produtos é geralmente requerida para uma base local. (Indique os mercados atendidos pela rede)					X	
11. O volume de materiais e produtos fabricados e/ou transportados é grande?	Os lotes de compra dos fornecedores/clientes são em grandes volumes (Indique o volume médio/pedido)					X	Quatro carretas com 24 toneladas

Fonte: Mitsubishi

B3: Springer Plásticos da Amazônia S.A

1. Informações sobre a empresa:

Setor de Atividade: Injeção plástica N° Funcionários: 380

Tipo de produto: () MP (x) Componentes (x) Produtos Acabados

Produção mensal: 1.800.000 peças Faturamento mensal: 3 milhões

Canais de Venda: () Exportação % (x) Interno 100%

2. Questionário:

Inicialmente, identifique uma família de produtos que você considera poder aplicar a estratégia de *postponement*. A seguir, responda o questionário para identificação das características operacionais da rede logística, considerando os produtos, os processos, os mercados e a rede logística (cadeia de suprimentos) com base na família de produtos definida acima. Assinale as respostas no questionário abaixo, considerando os critérios da escala *Linkert*, variando de (1) Baixo a (5) Alto. (Ex. Variabilidade da demanda (1) Baixo e (5) Alta). Por favor, anote nas observações em cada pergunta, às informações mais precisas sobre cada uma das características (Ex.: Nível de Mudança de Volume do Produto => Obs.: aumento de aproximadamente 10 kg/produto acabado).

2.1. Dimensão Produtos

Produtos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
1. Nível de variabilidade da demanda?	Indique qual o grau de variabilidade da demanda baseado no valor do coeficiente variabilidade (cv) do produto em relação a sua demanda real. (cv= desvio padrão demanda/demanda média). cv < 0,4 tem baixa variabilidade da demanda, enquanto cv > 0,4 tem alta variabilidade da demanda.				x		Recebemos mais de 7 alterações de entregas por dia que afetam 80 produtos dos 400 cadastrados e entregues mensais.
2. Nível de componentes comuns?	Número de componentes comuns (%) considerando os produtos acabados.			x			É dividido, pois, depende do produto o insumo poderá mudar 40% +/-
3. Nível de periféricos específicos?	Número de periféricos específicos diferentes considerando os produtos acabados. (Indique n°)	x					Cada máquina existem periféricos diferentes por exemplo 39 máquinas e 86 periféricos.
4. Nível de mudança de volume ou peso?	Após a customização do produto final ocorre a mudança de volume ou peso do produto (%).	x					Constantes mudança de embalagens.
5. Nível de densidade de valor?	Após a customização do produto ocorre um aumento no valor do produto em relação ao seu peso. (\$/m ³ ou \$/Kg)	x					Não, há ajustes, mais a principal mudança é a atualização de preço de resina.
6. Nível de formulação/modelo específico?	Existe alguma formulação/modelo específico para esta família de produtos (Indique qual o n° de variedades de modelos na linha).				x		Temos aproximadamente 800 itens ativos, mudanças de modelos ocorrem a cada 12 meses.

Fonte: Springer

2.1. Dimensão Produtos (continuação)

Produtos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
7. Grau de incerteza da demanda?	Qual é o nível de incerteza da demanda para a família de produtos (Indique alta, média ou baixa).				x		Há uma variação aceitável em torno de 20% consideramos média.
8. Produto é do tipo inovador?	O produto tem características de inovador (alta incerteza da demanda, rápida velocidade de inovação, ciclo de vida curto e altas margens de lucro). Extremo inverso é um produto padronizado.	X					Sim, para o segmento de duas rodas, com ciclo de 12 meses com baixa margem de lucro e alta competitividade
9. Nível de customização dos produtos?	Qual é o nível de modularidade do produto de forma a permitir a customização para a família de produtos.	x					Não podemos alterar nada na característica do produto, somente sugerir Matérias-primas opcional e é difícil ser aprovada.
10. Qual o nível de variedade de produtos?	Qual é a variedade de produtos acabados para a família de produtos. (Quantidade de diferentes versões do mesmo produto base)				x		É alta, fazemos em média 20 modelos diferentes por mês
11. Projeto de produto é modular?	Qual é o nível de modularidade do produto. (Número de módulos)	x					Máquinas injetoras e linhas de montagens, ou seja o a maioria do projeto é por processo e alguns por produto.

Fonte: Springer

2.2. Dimensão Processos

Processos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
1. Qual a viabilidade de divisão do processo (<i>Decoupling</i>)?	Existe possibilidade dos processos poderem ser divididos em etapas (embalagem, montagem, etc.)		x				Existem estas situações, porém, o percentual é inferior a 10%.
2. Qual o nível de flexibilidade dos processos de manufatura e logística?	Existe a utilização dos conceitos Lean na produção e logística (indique o grau de flexibilidade)			x			intermediário
3. Qual o nível de complexidade dos processos?	O processo é muito complexo ou é simples. Qual é o grau de complexidade dos processos de manufatura e/ou logística (indique a restrição tecnológica, recursos. etc.)			x			É médio, porém a logística de distribuição é complexa, pois, trabalhamos com JIT, Kanban e Milk Run e há gargalos de trânsitos e na desova dos clientes.
4. Qual o nível de tecnologia de processo?	O grau tecnológico empregado nos processos de manufatura e logística. Necessidade de máquinas e processos especiais.				x		É elevado principalmente o processo de manufatura, quanto a logística é mais leve.
5. Nível de projeto modular do processo?	O processo é projetado e operado considerando suas etapas como módulos. (Indique o %)		x				É considerado moderado em torno de 20%
6. Nível de incerteza do processo de suprimento?	Identifique o grau de incerteza do processo de suprimentos, para os materiais e componentes da família de produtos (Indique o %).	x					É baixo, pois, recebemos um <i>forecast</i> de 12 meses e possui em média variação de 20% +/-

Fonte: Springer

2.2. Dimensão Processos (continuação)

Processos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
7. Planejamento baseado em previsão?	O planejamento é baseado em previsão. Indicar o horizonte de previsão de demanda e os modelos de previsão utilizados (séries temporais, híbrido, regressão, etc.)					x	Previsão, séries temporais com ajustes.
8. Duração lead time de suprimento?	Qual a duração do tempo de reabastecimento pelos fornecedores, considerando matérias-primas e componentes para a família de produtos. (Indique o nº de dias)				x		Tudo é baseado em Lead Time> insumos locais: 2 dias, Nacionais: 30 dias, Importados: 90 dias e entregas locais: n-3 ou seja, precisamos possuir 3 dias de estoques antes da data prometida.
9. Incerteza do processo de produção?	Identifique o grau de incerteza do processo de produção (qualidade, quebras, etc.), para a família de produtos (indique o %).		x				Considerado baixo.
10. Duração do lead time de produção?	Identifique a duração do lead time do processo de produção, para a família de produtos. (Indique o nº de dias)		x				É muito rápido, tudo medido em ciclo, existem peças que fabricamos em 10 segundos e a mais demorada é 80 segundos.
11. Tipo de processo de produção é contínuo?	Processo de produção contínuo é aquele totalmente automatizado (fluxo em linha ou produção em massa). No outro extremo temos o processo intermitente (lote ou sob encomenda). (Indique o tipo)	x					Trabalhos por lote e por encomenda e trabalhamos com processo contínuo diferenciada.

2.3. Dimensão Mercado

Mercado	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
1. Nível de flutuação do volume de vendas?	Indique qual é o nível de flutuação de vendas para a referida família de produtos (sazonalidades, picos, etc.,)			x			Em média 30% +/-
2. Tamanho do ciclo de vida dos produtos?	Qual é o ciclo de vida médio (cvm) dos produtos pertencentes à família analisada. (Indique o atual nível do ciclo de vida da família e o seu cvm em meses).			x			Em média 12 meses, os clientes mudam as versões e modelos
3. Prazo de entrega aceito pelo cliente é curto?	Qual é o prazo de entrega aceito pelo cliente, desde a colocação do pedido até o seu recebimento. (Indique o nº de dias)				x		15 dias entre a colocação do pedido e entrega.
4. Nível de confiabilidade na resposta requerido?	Qual é o nível de confiabilidade aceito na entrega dos pedidos dos clientes. (Indique o %)					x	Acima de 90%
5. Atende mercados variados?	Qual o número de mercado atendido pela família de produto (identifique os mercados).			x			Duas rodas em todo mercado nacional e Mercosul.
6. Importância da competição por preço?	Identifique a importância do fator preço para o cliente final da família de produto.					x	Altíssimos, pois competimos com valores de produtos asiáticos

Fonte: Springer

2.3. Dimensão Mercado (continuação)

Mercado	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
7. Importância da economia de escala?	Identifique a importância da economia de escala no suprimento, produção e na distribuição dos produtos.			x			Reconhecemos ser importante, contudo, nem sempre é possível praticar haja vista alta variedade de produtos e rotatividade.
8. Nível de frequência de mudança no pedido?	Identificar o nível de frequência na mudança de volume e mix de produtos nos pedidos. (% em relação ao total de pedidos)			x			Recebemos mais de 7 alterações de entregas por dia que afetam 80 produtos dos 400 cadastrados e entregues mensais. Dependendo do mês poderá ser até de 30%
9. Nível de customização exigido?	Qual o nível de flexibilidade para customização dos produtos.		x				É considerado médio, pois, os clientes definem tudo.
10. Nível de variedade de produtos exigido é alto?	Qual o nível de variedade requerida para a família de produtos. (Identifique o nível de variedade de produtos acabados).				x		É elevado, existem modelos que fazem 5 versões de cores diferentes.
11. O tempo de entrega dos pedidos é alto?	Tempo de entrega do pedido é o número de dias (horas) entre a colocação do pedido e a entrega física dos produtos (Indique o nº de dias)	X					Curtíssimos, entre 15 dias e existem casos de 2 dias e entregas diárias.

Fonte: Springer

2.4. Dimensão Cadeia de Suprimentos

Cadeia de Suprimentos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
1. Existe relacionamento colaborativo com fornecedores e/ou clientes?	Indique o nível colaboração (compartilhamento de informações, planejamento colaborativo, etc.) entre a sua empresa e as demais empresas da rede.			x			Arquivos xls de leitura kanban e planilha de formação de preços Break Down e manifestos de entregas de mercadorias
2. Grau de confiabilidade no tempo de resposta e qualidade dos fornecedores?	Qual é o nível de confiabilidade com relação ao tempo de atendimento dos pedidos colocados nos fornecedores (indique % confiabilidade do fornecedor).			x			É considerado acima da média, portanto, é bom!
3. Há Divisão de Riscos e Benefícios com fornecedores e/ou clientes?	Existe algum programa relacionado a gestão da cadeia de suprimentos em que ocorre a divisão de riscos e benefícios com fornecedores e clientes.		x				Seguro das instalações para contrato de comodato para ferramentas e equipamentos e seguro em transportes para produtos e insumos
4. Nível de proximidade com fornecedores?	Os principais fornecedores de matéria-prima e componentes da família de produtos estão próximos à planta (indique distância em Km)			x			Existem fornecedores de todos os cantos, ou seja, estamos no Norte do País e a maioria (60% dos fornecedores situados entre Sul e Sudeste) 30% internacionais: EUA, Asia e Europa e 10% locais.
5. Existe sequenciamento de peças e/ou componentes?	Indique a existência ou não de sistema de sequenciamento de peças com os fornecedores e como que frequência isso acontece.	x					Vários produtos requerem sequenciamento.

Fonte: Springer

2.4. Dimensão Cadeia de Suprimentos (continuação)

Cadeia de Suprimentos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
6. Existe restrições/mudança na legislação com relação aos produtos?	Existência de controle e/ou mudanças na legislação em relação à família de produtos. (Indique a legislação)						Sempre que ocorre estamos atentos a fazemos as adequações necessárias por exemplo nos PPB's – Processos Produtivos Básicos Locais
7. Existe planejamento integrado com fornecedores e/ou clientes?	Indique se existe a prática de planejamento colaborativo e quais as metodologias utilizadas (CPFR, Kanban, VMI, etc.).					x	Sim, tanto com fornecedores quanto com clientes.
8. As fontes de suprimento são de múltiplos locais?	As fontes de suprimentos de componentes vitais são provenientes de vários locais e não se são concentradas em poucos fornecedores					x	Muito variado e de vários locais.
9. Sistemas de informações e comunicação são integrados com fornecedores e/ou clientes e permitem a visibilidade da rede produtiva entre os parceiros?	Existem sistemas de informação e comunicação integrados como fornecedores e/ou clientes (ERP, SCM, etc.). Isso permite uma maior colaboração e integração da rede (Indique quais são os sistemas utilizados)					x	Parcialmente em BD, disponibilidades de estoques e romaneios
10. A cadeia de suprimentos dos produtos ocorre em escala global (vários países)?	Se a rede logística compete globalmente, a customização dos produtos é geralmente requerida para uma base local. (Indique os mercados atendidos pela rede)	x					Os insumos sim, os produtos, não, nossas entregas são somente locais.
11. O volume de materiais e produtos fabricados e/ou transportados é grande?	Os lotes de compra dos fornecedores/clientes são em grandes volumes (Indique o volume médio/pedido)					x	Sim, em média 200t por mês e distribuição de produtos em torno de 2 milhões de peças por mês

Fonte: Springer

B4: Olsen ind. e Com. Equip. Odontomédicos SA

1. Informações sobre a empresa:

Setor de Atividade: Equipamentos Odonto-médicos N° Funcionários:
150

Tipo de produto: () MP () Componentes (X) Produtos Acabados
Produção mensal: 320 equipamentos. Faturamento mensal: R\$ 2.5
milhões

Canais de Venda: (X) Exportação 20% (X) Interno 80%

2. Questionário:

Inicialmente, identifique uma família de produtos que você considera poder aplicar a estratégia de *postponement*. A seguir, responda o questionário para identificação das características operacionais da rede logística, considerando os produtos, os processos, os mercados e a rede logística (cadeia de suprimentos) com base na família de produtos definida acima. Assinale as respostas no questionário abaixo, considerando os critérios da escala *Linkert*, variando de (1) Baixo a (5) Alto. (Ex. Variabilidade da demanda (1) Baixo e (5) Alta). Por favor, anote nas observações em cada pergunta, às informações mais precisas sobre cada uma das características (Ex.: Nível de Mudança de Volume do Produto => Obs.: aumento de aproximadamente 10 kg/produto acabado).

2.1. Dimensão Produtos

Produtos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
1. Nível de variabilidade da demanda?	Indique qual o grau de variabilidade da demanda baseado no valor do coeficiente variabilidade (cv) do produto em relação a sua demanda real. (cv= desvio padrão demanda/demanda média). cv < 0,4 tem baixa variabilidade da demanda, enquanto cv > 0,4 tem alta variabilidade da demanda.					x	Considerando a variação de modelos na família Pro.
2. Nível de componentes comuns?	Número de componentes comuns (%) considerando os produtos acabados.		x				30 % das partes estruturais.
3. Nível de periféricos específicos?	Número de periféricos específicos diferentes considerando os produtos acabados. (Indique nº)					x	Se for considerado as partes customizadas com periféricos.
4. Nível de mudança de volume ou peso?	Após a customização do produto final ocorre a mudança de volume ou peso do produto (%).			x			
5. Nível de densidade de valor?	Após a customização do produto ocorre um aumento no valor do produto em relação ao seu peso. (\$/m ³ ou \$/Kg)	x					
6. Nível de formulação/modelo específico?	Existe alguma formulação/modelo específico para esta família de produtos (Indique qual o nº de variedades de modelos na linha).					x	Mais de 1000
7. Grau de incerteza da demanda?	Qual é o nível de incerteza da demanda para a família de produtos (Indique alta, média ou baixa).				x		Seria alta considerando a variação de modelos da família.
8. Produto é do tipo inovador?	O produto tem características de inovador (alta incerteza da demanda, rápida velocidade de inovação, ciclo de vida curto e altas margens de lucro). Extremo inverso é um produto padronizado.		x				

Fonte: Olsen

2.1. Dimensão Produtos (continuação)

Produtos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
9. Nível de customização dos produtos?	Qual é o nível de modularidade do produto de forma a permitir a customização para a família de produtos.			x			
10. Qual o nível de variedade de produtos?	Qual é a variedade de produtos acabados para a família de produtos. (Quantidade de diferentes versões do mesmo produto base)					x	Cruzando as possibilidades + de 1.000
11. Projeto de produto é modular?	Qual é o nível de modularidade do produto. (Número de módulos)			x			Até o nível estrutural.

Fonte: Olsen

2.2. Dimensão Processos

Processos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
1. Qual a viabilidade de divisão do processo (<i>Decoupling</i>)?	Existe possibilidade dos processos poderem ser dividido em etapas (embalagem, montagem, etc.)					x	Nossos processos são divididos em várias etapas.
2. Qual o nível de flexibilidade dos processos de manufatura e logística?	Existe a utilização dos conceitos Lean na produção e logística (indique o grau de flexibilidade)			x			Estamos em um grau médio, pois ainda temos que melhorar nossa logística.
3. Qual o nível de complexidade dos processos?	O processo é muito complexo ou é simples. Qual é o grau de complexidade dos processos de manufatura e/ou logística (indique a restrição tecnológica, recursos. etc.)			x			
4. Qual o nível de tecnologia de processo?	O grau tecnológico empregado nos processos de manufatura e logística. Necessidade de máquinas e processos especiais.		x				São processos simples.
5. Nível de projeto modular do processo?	O processo é projetado e operado considerando suas etapas como módulos. (Indique o %)		x				Não acontecia, porém agora estamos procurando trabalhar seguindo etapas.
6. Nível de incerteza do processo de suprimento?	Identifique o grau de incerteza do processo de suprimentos, para os materiais e componentes da família de produtos (Indique o %).				x		O processo ainda não é confiável, gerando sempre falta de algum componente 10 %
7. Planejamento baseado em previsão?	O planejamento é baseado em previsão. Indicar o horizonte de previsão de demanda e os modelos de previsão utilizados (séries temporais, híbrido, regressão, etc.)		x				Não é usado o planejamento com base em previsão.

Fonte: Olsen

2.2. Dimensão Processos (continuação)

Processos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
8. Duração <i>lead time</i> de suprimento?	Qual a duração do tempo de reabastecimento pelos fornecedores, considerando matérias-primas e componentes para a família de produtos. (Indique o nº de dias)				x		Depende da matéria prima, está em torno de 20 dias.
9. Incerteza do processo de produção?	Identifique o grau de incerteza do processo de produção (qualidade, quebras, etc), para a família de produtos (indique o %).		x				Baixa incerteza do processo de produção
10. Duração do <i>lead time</i> de produção?	Identifique a duração do <i>lead time</i> do processo de produção, para a família de produtos. (Indique o nº de dias)				x		O <i>lead time</i> do último mapeamento está em 96,2 dias, porém deverá ser feito novo mapeamento.
11. Tipo de processo de produção é contínuo?	Processo de produção contínuo é aquele totalmente automatizado (fluxo em linha ou produção em massa). No outro extremo temos o processo intermitente (lote ou sob encomenda). (Indique o tipo)					x	Na maioria da fábrica temos processo puxado com supermercados com estoque diário.

Fonte: Olsen

2.3. Dimensão Mercado

Mercado	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
1. Nível de flutuação do volume de vendas?	Indique qual é o nível de flutuação de vendas para a referida família de produtos (sazonalidades, picos, etc.)			x			
2. Tamanho do ciclo de vida dos produtos?	Qual é o ciclo de vida médio (cvm) dos produtos pertencentes à família analisada. (Indique o atual nível do ciclo de vida da família e o seu cvm em meses).					x	Não existe ciclo de vida determinado pela empresa.
3. Prazo de entrega aceito pelo cliente é curto?	Qual é o prazo de entrega aceito pelo cliente, desde a colocação do pedido até o seu recebimento. (Indique o nº de dias)			x			30 dias.
4. Nível de confiabilidade na resposta requerido?	Qual é o nível de confiabilidade aceito na entrega dos pedidos dos clientes. (Indique o %)					x	> 95 % .
5. Atende mercados variados?	Qual o número de mercado atendido pela família de produto (identifique os mercados).					x	5 continentes mais de cem países.
6. Importância da competição por preço?	Identifique a importância do fator preço para o cliente final da família de produto.			x			
7. Importância da economia de escala?	Identifique a importância da economia de escala no suprimento, produção e na distribuição dos produtos.			x			
8. Nível de frequência de mudança no pedido?	Identificar o nível de frequência na mudança de volume e mix de produtos nos pedidos. (% em relação ao total de pedidos)				x		
9. Nível de customização exigido?	Qual o nível de flexibilidade para customização dos produtos.				x		

Fonte: Olsen

2.3. Dimensão Mercado(continuação)

Mercado	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
10. Nível de variedade de produtos exigido é alto?	Qual o nível de variedade requerida para a família de produtos. (Identifique o nível de variedade de produtos acabados).				x		
11. O tempo de entrega dos pedidos é alto?	Tempo de entrega do pedido é o número de dias (horas) entre a colocação do pedido e a entrega física dos produtos (Indique o nº de dias)					x	Mais ou menos 45 dias depende como está a carteira de pedidos.

Fonte: Olsen

2.4. Dimensão Cadeia de Suprimentos

Cadeia de Suprimentos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
1. Existe relacionamento colaborativo com fornecedores e/ou clientes?	Indique o nível colaboração (compartilhamento de informações, planejamento colaborativo, etc.) entre a sua empresa e as demais empresas da rede.			x			Existe calibração com alguns, mais deve ser melhorado.
2. Grau de confiabilidade no tempo de resposta e qualidade dos fornecedores?	Qual é o nível de confiabilidade com relação ao tempo de atendimento dos pedidos colocados nos fornecedores (indique % confiabilidade do fornecedor).			x			50 % pois temos fornecedores que ainda continuam não sendo confiáveis.
3. Há Divisão de Riscos e Benefícios com fornecedores e/ou clientes?	Existe algum programa relacionado a gestão da cadeia de suprimentos em que ocorre a divisão de riscos e benefícios com fornecedores e clientes.	x					
4. Nível de proximidade com fornecedores?	Os principais fornecedores de matéria-prima e componentes da família de produtos estão próximos à planta (indique distância em Km)			x			Alguns estão localizados em SC, já outros em SP e outros.
5. Existe sequenciamento de peças e/ou componentes?	Indique a existência ou não de sistema de sequenciamento de peças com os fornecedores e como que frequência isso acontece.		x				Apenas dois fornecedores.
6. Existe restrições/mudanças na legislação com relação aos produtos?	Existência de controle e/ou mudanças na legislação em relação à família de produtos. (Indique a legislação)		x				ISO CE: Frequência muito baixa.
7. Existe planejamento integrado com fornecedores e/ou clientes?	Indique se existe a prática de planejamento colaborativo e quais as metodologias utilizadas (CPFR, Kanban, VMI, etc.).		x				Apenas dois fornecedores.

Fonte: Olsen

2.4. Dimensão Cadeia de Suprimentos (continuação)

Cadeia de Suprimentos	Descrição	1	2	3	4	5	Observações
8. As fontes de suprimento são de múltiplos locais?	As fontes de suprimentos de componentes vitais são provenientes de vários locais e não se são concentradas em poucos fornecedores			x			
9. Sistemas de informações e comunicação são integrados com fornecedores e/ou clientes e permitem a visibilidade da rede produtiva entre os parceiros?	Existem sistemas de informação e comunicação integrados como fornecedores e/ou clientes (ERP, SCM, etc.). Isso permite uma maior colaboração e integração da rede (Indique quais são os sistemas utilizados)		x				ERP não funciona como devia.
10. A cadeia de suprimentos dos produtos ocorre em escala global (vários países)?	Se a rede logística compete globalmente, a customização dos produtos é geralmente requerida para uma base local. (Indique os mercados atendidos pela rede)	x					99 % nacionais.
11. O volume de materiais e produtos fabricados e/ou transportados é grande?	Os lotes de compra dos fornecedores/clientes são em grandes volumes (Indique o volume médio/pedido)			x			Este volume pode variar de produto para produto.

Fonte: Olsen

APÊNDICE C - LISTA DE DADOS DA REDE LOGÍSTICA

Lista de dados para todos os itens da rede. Os dados de custo foram estimados ou calculados. Os dados de tempo do processo e estoque foram medidos.

Símbolo	Descrição	Unidade
K_i	Custo Fixo (<i>setup</i> ou pedido) na compra/produção	R\$
OI_i	Tamanho lote na compra/produção/distribuição	Unidades
b_i	Custo de manutenção estoque	R\$/unidade
D_i	Demanda real no período	Unidades/dia
e	Custo de perda de venda pela falta do item i no estoque	R\$/unidade
a_i	Área ocupada por uma unidade de componentes i no ponto de estoque n	m^2 / unidade
C_{ai}	Custo do m^2 para armazenar um item i no ponto de estoque n	R\$/ m^2
q_i	Quantidade de componentes i armazenados no ponto de estoque n	Unidades
C_t	Custo do frete para transportar uma unidade dos componentes i do ponto de estoque n para o ponto $n+1$, baseado na tamanho do lote de compra, produção e distribuição	R\$/unidade
F_t	Quantidade de itens i transportados em cada carregamento no período	Unidades/transporte
NT	Número de transportes no período	Nº transporte/dia
HD	Número de horas de trabalho disponível	Total horas/dia
LTP	Tempo de processo (suprimento, produção e distribuição)	Dias
DLT	Tempo de entrega aceito pelo cliente	Dias

Fonte: Autor

rest_17) XP023 - XP017 >= 0
rest_18) XA01 - XP023 >= 0
rest_19) 2 XA05 - XA03 - XA04 >= 0
rest_20) 2 XA01 - XP022 - XP023 >= 0
rest_21) 3 XA02 - XP024 - XP025 - XP026 >= 0
rest_22) XP08 - XP05 >= 0
rest_23) XP013 - XP08 >= 0
rest_24) XP018 - XP013 >= 0
rest_25) XP023 - XP018 >= 0
rest_26) XP06 - XP03 >= 0
rest_27) XP09 - XP06 >= 0
rest_28) XP014 - XP09 >= 0
rest_29) XP019 - XP014 >= 0
rest_30) XP024 - XP019 >= 0
rest_31) XA02 - XP024 >= 0
rest_32) XA04 - XA02 >= 0
rest_33) XA05 - XA04 >= 0
rest_34) XP010 - XP06 >= 0
rest_35) XP015 - XP010 >= 0
rest_36) XP016 - XP011 >= 0
rest_37) XP020 - XP015 >= 0
rest_38) XP025 - XP020 >= 0
rest_39) XA02 - XP025 >= 0
rest_40) XP011 - XP06 >= 0
rest_41) XP016 - XP011 >= 0
rest_42) XP021 - XP016 >= 0
rest_43) XP026 - XP021 >= 0
rest_44) XA02 - XP026 >= 0

!-----

END

INT 32

D2: Modelo Analítico Maximização da Postergação Springer

MAXIMIZE $XP01 + XP02 + XP03 + XP04 + XP05 + XP06 + XP07 + XP08 + XP09 + XP10 + XP11 + XA01 + XA02 + XA03$

SUBJECT TO

```
!-----
rest_01) 20 XP01 + XP04 + XP07 + XP10 + 0.1 XA01 + 0.1 XA02 +
0.5 XA03 <= 15 !DLT para caminho 1
rest_02) 5 XP02 + XP05 + XP08 + XP11 + 0.1 XA01 + 0.1 XA02 +
0.5 XA03 <= 15 !DLT para caminho 2
rest_03) 7 XP03 + XP06 + XP09 + XP11 + 0.1 XA01 + 0.1 XA02 +
0.5 XA03 <= 15 !DLT para caminho 3
!-----
rest_04) XP04 - XP01 >= 0
rest_05) XP05 - XP02 >= 0
rest_06) XP06 - XP03 >= 0
rest_07) XP07 - XP04 >= 0
rest_08) 2 XP11 - XP08 - XP09 >= 0
rest_09) XP09 - XP06 >= 0
rest_10) 2 XA01 - XP10 - XP11 >= 0
rest_11) XP10 - XP07 >= 0
rest_12) XP08 - XP05 >= 0
rest_13) XA02 - XA01 >= 0
rest_14) XA03 - XA02 >= 0
!-----
END
INT 14
```


APENDICE E – ANÁLISE SENSIBILIDADE

E1: Análise sensibilidade modelo analítico Olsen

Função Objetivo						
Valor Coeficientes F.O.	Função Objetivo		Faixa de Estabilidade da Solução		Limites no Lindo	
	Valor Original	Valor Final	Min.	Max.	Acréscimo	Descréscimo
Nº Processos Postergados	22	20	-1	1	0	Infinito
Restrições						
Restrição Limite	Aumento de 1 no Limite		Redução de 1 no Limite		Limites no Lindo	
	Valor Final	Validade	Valor Final	Validade	Acréscimo	Descréscimo
Caminho 2 <= 5	27	6	17	4	Infinito	0,8

Fonte: Lindo

O valor da função objetivo é modificado apenas pelo decréscimo dos coeficientes da função objetivo. Assim, se o custo de postergar o processo for maior que o custo de especular, o coeficiente é negativo (-1), o número de processos postergados (valor original da função objetivo) é reduzido de 22 para 20 (9%).

Por outro lado, mudanças na variável da restrições (DLT), é limitada a um decréscimo de 0,8 dias, sem que ocorra variação no valor da função objetivo. Assim, se o coeficiente da restrição for reduzido em 1 dia, o valor da função objetivo é reduzido de 22 para 17 processos postergados (23%). Já o aumento da restrição para 6 dias, favorece a postergação, e, o aumento no valor da função objetivo de 22 para 27 processos postergados.

E2: Análise sensibilidade modelo analítico Springer

Função Objetivo						
Valor Coeficientes F.O.	Função Objetivo		Faixa de Estabilidade da Solução		Limites no Lindo	
	Valor Original	Valor Final	Min.	Max.	Acréscimo	Descréscimo
Nº Processos Postergados	8	6	-1	1	0	Infinito
Restrições						
Restrição Limite	Aumento de 1 no Limite		Redução de 1 no Limite		Limites no Lindo	
	Valor Final	Validade	Valor Final	Validade	Acréscimo	Descréscimo
Caminho 2 \leq 5	11	6	5	4	Infinito	0,5

Fonte: Lindo

O valor da função objetivo é modificado apenas pelo decréscimo dos coeficientes da função objetivo. Assim, se o custo de postergar o processo do item X0A6 for maior que o custo de especular, o coeficiente será negativo (-1), e, o número de processos postergados (valor original da função objetivo) é reduzido de 8 para 6 (25%).

Por outro lado, mudanças no valor da restrições (DLT), é limitada a um decréscimo de 0,5 dias, sem afetar o valor da função objetivo. Assim, se o coeficiente da restrição for reduzido em 1 dia, o valor da função objetivo é reduzido de 8 para 5 processos postergados (37,5%). Contudo, um aumento em 1 dia dessa variável para 6 dias, favorece a postergação. Por isso, o valor da função objetivo aumenta de 8 para 11 processos postergados.