

Vanina Macowski Durski Silva

**TRANSPORTE COLABORATIVO MARÍTIMO: UMA ANÁLISE
SOB A ÓTICA DO MÉTODO *SYSTEM DYNAMICS* APLICADA À
INDÚSTRIA MANUFATUREIRA**

Tese submetida ao Programa de Pós
Graduação em Engenharia de Produção
da Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do Grau de
Doutora em Engenharia de Produção.
Orientador: Prof. Dr. Antônio Sérgio
Coelho.
Co-orientador: Prof. Dr. Antônio
Galvão N. Novaes

Florianópolis
2012

Catálogo na fonte elaborada pela biblioteca da
Universidade Federal de Santa Catarina

S586t Silva, Vanina Macowski Durski

Transporte colaborativo marítimo [tese] : uma análise sob a ótica do método *System Dynamics* aplicada à indústria manufatureira / Vanina Macowski Durski Silva ; orientador, Antônio Sérgio Coelho. – Florianópolis, SC, 2012.
234 p.: il., tabs.

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

Inclui referências

1. Engenharia de produção. 2. Transporte marítimo. 3. Logística. 4. Simulação (Computadores). 5. Produtividade industrial. I. Coelho, Antônio Sérgio. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. III. Título.

CDU 658.5

Vanina Macowski Durski Silva

**TRANSPORTE COLABORATIVO MARÍTIMO: UMA ANÁLISE
SOB A ÓTICA DO MÉTODO *SYSTEM DYNAMICS* APLICADA À
INDÚSTRIA MANUFATUREIRA**

Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de “Doutora em Engenharia de Produção”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção.

Florianópolis, 02 de março de 2012.

Prof. Antonio Cezar Bornia, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Antônio Sérgio Coelho, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a. Mirian B. Gonçalves, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Sérgio Fernando Mayerle, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Edson Bez, Dr.
(Avaliador externo)

Prof. Nelson Casarotto Filho, Dr.
Universidade de Santa Catarina

Prof.^a Daniela B. Nascimento
(Avaliadora externa)

Este trabalho é dedicado aos
entusiastas da ciência e da educação.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Antônio Sérgio Coelho que fez mais que orientar, incentivando-me e apoiando-me no desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor e co-orientador Antônio Galvão N. Novaes, a especial atenção dada na elaboração desta tese, mostrando o caminho do trabalho e estando sempre disponível para auxiliar.

Aos demais professores do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, à atenção dada, pelas sugestões e indagações quando necessárias, e principalmente pela motivação proporcionada. À professora Mirian Buss Gonçalves por permitir meu envolvimento no grupo de pesquisa, além do professor Sérgio Fernando Mayerle pela dedicação em seus ensinamentos, sem medir esforços para isso.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, a disponibilidade de atendimento e bom tratamento.

À reitoria da Universidade Federal de Santa Catarina ao apoio à participação em eventos. Aos amigos, colegas de aula, que me apoiaram, ensinaram e contribuíram para minha formação.

Ao CNPq e à CAPES, ao financiamento do programa de capacitação.

Ao professor co-orientador Bernd Scholz-Reiter pela oportunidade concedida à realização do doutorado sanduíche no BIBA (*Bremer Instituts für Produktion und Logistik*).

Ao professor Orlando Fontes Lima Jr. (UNICAMP) a parceria e apoio à publicações. Ao colega engenheiro Sérgio Adriano Loureiro (UNICAMP) a contribuição dada no desenvolvimento da tese. Aos senhores empresários Clécio Zucco (WEG), Pedro Parigot (Porto de Navegantes-SC), Luis Fernando Martinez (Log-In), Marcos Azevedo e

Fernando Bortolozzo (Stanley Black&Decker), Mario Del Monte Sobrinho (Tupy), Gilmar Koerber (Tigre), Leandro Altamor (Brasmar) e Washington Luiz P. Soares (Câmara Brasileira de Contêineres, Transporte Ferroviário e Multimodal) ao auxílio em minha tese. Ao professor e autor Martin Stopford (*Cambridge Academy of Transport*) por permitir a utilização da base de dados marítimos da empresa Clarkson Research. À senhora Roberta L. Spencer (*System Dynamics Society*) a atenção e doação de livros úteis à minha tese. Ao engenheiro Jakub Piotrowski (BIBA) a parceria e apoio à publicações. À empresa *Axia Value Consulting* ao auxílio à participação em conferência. À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC), *Comisión Interamericana de Puertos* (CIP) e *Puertos del Estado de España* ao apoio em minha capacitação profissional. Aos professores Marcos R. Albertin (UFC), Omir Alves (UDESC) e Carlos Ernani Fries (UFSC) ao apoio e auxílio durante minha trajetória. À engenheira Francielly Hedler Staudt (UFSC), aos pesquisadores Neimar Follman, Núbia Alves de Carvalho Ferreira, Janaína Renata Garcia e ao empresário Carlos Bremer, ao auxílio na busca de contato empresarial.

Em especial, gostaria de agradecer aos meus pais (mãe *in memoriam*) à concessão e incentivo ao meu estudo, nunca medindo esforços para isso e, junto a eles agradeço minha irmã Lorine, a compreensão de minha ausência em alguns momentos devido à minha dedicação a esta jornada. Por fim, agradeço ao meu amado Diogo Lôndero da Silva, que pacientemente muito incentivou e ajudou a terminar essa etapa de minha vida.

“Os caminhos dos oceanos e dos portos não estão todos eles nos mapas. Mas não se deixa de navegar em virtude da imperfeição ou deficiência dos roteiros.” Oscar Tenório

“Se o dinheiro for sua única esperança de independência, você jamais a terá. A única segurança verdadeira consiste em uma reserva de sabedoria, de experiência e de competência.”
Henry Ford

“O futuro não é o resultado da escolha entre caminhos alternativos oferecidos pelo presente, mas um lugar que é criado – criado primeiro na mente e na vontade, criado depois na atividade. O futuro não é um lugar para o qual estamos indo, mas um lugar que estamos criando. Os caminhos não são para ser encontrados, e a atividade de construí-los, muda tanto quem os faz quanto o destino.” Deborah James

“Acts become Habits. Habits become Character. Character becomes Destiny.” Jay W. Forrester

“Be the change you want to see in the world.”
Mahatma Gandhi

RESUMO

Esta tese tem como objetivo apresentar um modelo que analise os efeitos sistêmicos da política de colaboração entre indústrias manufatureiras que utilizam o transporte marítimo para a exportação, levando em consideração os principais parâmetros estratégicos e operacionais envolvidos nessa operação, sendo, portanto, desenvolvida através de duas frentes: uma teórica e outra computacional. Na frente teórica foi efetuada uma pesquisa bibliográfica sobre a era da Logística Colaborativa e a Gestão do Transporte Colaborativo, voltados à exportação de produtos manufaturados. Ao mesmo tempo foram realizadas entrevistas com empresários e especialistas do ramo de modo a validar a proposta de estudo, além de obter dados para inserção no modelo. Posteriormente, definindo a Simulação como técnica para modelagem do problema, foi realizado um estudo sobre os métodos *Agent Based Modeling and Simulation* e *System Dynamics*. Após análises e comparações, optou-se pelo método *System Dynamics* para dar continuidade à modelagem. Em relação à frente computacional, o modelo contribuiu para a análise dos efeitos sistêmicos da política de colaboração entre indústrias manufatureiras, as quais se unindo fortalecem o poder de barganha sobre os armadores marítimos, influenciando na redução do preço de frete marítimo. Este trabalho contribuiu para o entendimento da importância de se adotar uma abordagem interdisciplinar para lidar com os problemas do transporte marítimo, sendo por fim apresentados os benefícios do transporte colaborativo marítimo identificados com a realização do mesmo.

Palavras-chave: Transporte colaborativo marítimo, *System Dynamics*, indústria manufatureira, colaboração, logística colaborativa.

ABSTRACT

This thesis aims to present a model to analyze the systemic effects arising from the collaboration policies among the manufacturing industries, which use the maritime transportation to execute the exportation, considering the main strategical and operational parameters involved in this operation. Therefore, this thesis has been developed through two fronts: a theoretical and a computational one. The theoretical front performed a bibliographical review about the Collaborative Logistics era and the Collaborative Transportation Management, concerning the manufacturing products' exportation. At the same time, in order to validate the study proposal and to obtain data to insert in the model, some interviews were executed to entrepreneurs and specialists operating in the area. Subsequently, defining Simulation as the modeling technique to the problem, it was performed a study about *Agent Based Modeling and Simulation* and *System Dynamics*. After some analysis and comparisons, *System Dynamics* method has been chosen for modeling the problem. In the computational front, the model contributed to the analysis of the systemic effects arising from the collaboration policies among the manufacturing industries, which strengthen the bargain power if acting allied to each other, and has the power to influence the maritime freight rate reduction. This work contributed to the comprehension of the importance of adopting an interdisciplinary approach to deal with the maritime transportation problems, being finally presented the collaborative maritime transportation benefits identified during the work accomplishment.

Key-words: Collaborative maritime transportation, System Dynamics, manufacturing industry, collaboration, collaborative logistics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de etapas da pesquisa	37
Figura 2 - Fluxograma de etapas do processo de modelagem.....	38
Figura 3 - Fluxo de transformação de produtos	47
Figura 4 - Percentual do PIB destinado à atividade de transportes	58
Figura 5 - Cadeia de atuação do CPFRR.....	59
Figura 6 - Tendências perceptíveis com o uso do CTM.....	63
Figura 7 - Esquema do processo estratégico de tomada de decisão	68
Figura 8 - Etapas do processo de transporte colaborativo.....	71
Figura 9 - Problemas de tomada de decisão em uma rede de transporte colaborativo.....	74
Figura 10 - Etapas do mecanismo de exportação.....	84
Figura 11 - Termos do INCOTERMS.....	88
Figura 12 - Linha regular de navegação Hamburg Sud: Europa - Costa Leste da América do Sul.....	90
Figura 13 - Evolução da movimentação total de TEU's das alianças globais... 93	
Figura 14 - Distinção das rotas Norte-Sul e Leste-Oeste	94
Figura 15 - Precificação com base no custo marginal.....	99
Figura 16 - Precificação com base no preço fixo.....	100
Figura 17 - Técnicas de modelagem conforme a complexidade e variabilidade dos problemas	109
Figura 18 - Exemplo de simulação determinística e simulação estocástica	111
Figura 19 - Exemplo de simulação de eventos discretos e simulação contínua	112
Figura 20 - Aplicações de modelagens e simulações conforme escala de nível de abstração	114
Figura 21 - Abordagens em modelagens e simulações conforme a escala de nível de abstração.....	115
Figura 22 - Rede de transporte representada por um grafo	121
Figura 23 - Arranjo de um <i>tour</i> de caminhão.....	123
Figura 24 - Recusa de uma oferta	124
Figura 25 - Aceite de uma oferta	124
Figura 26 - Laço de <i>feedback</i>	127
Figura 27 - Diagrama de classe UML para os agentes.....	130
Figura 28 - Fluxograma geral do modelo proposto.....	133
Figura 29 - Diagramas causais de reforço e de balanço	136
Figura 30 - Estrutura padrão de estoque e fluxos	137
Figura 31 - Metáfora hidráulica de estoque e fluxos.....	138
Figura 32 - Diagrama de estoque e fluxos	138
Figura 33 - <i>Loopings</i> de balanço e reforço entre exportadores e armadores marítimos	142
Figura 34 - <i>Loopings</i> de Reforço (R1) e de Balanço (B1) esmiuçados.....	144
Figura 35 - <i>Loopings</i> de Reforço (R2) e de Balanço (B2) esmiuçados.....	144

Figura 36 - Diagrama de estoque-fluxos da demanda-oferta de navios	145
Figura 37 - Correlação entre <i>Navios</i> e <i>Preço de frete</i> através da análise do SD	146
Figura 38 - Diagrama de estoque-fluxos para a formação de colaboração das indústrias.....	147
Figura 39 - Diagrama de estoque-fluxo do comportamento das indústrias na colaboração	157
Figura 40 - Relação de indústrias ingressantes x razão do lucro.....	159
Figura 41 - Relação da taxa de desistência de indústrias x razão de lucro.....	160
Figura 42 - Relação do número de indústrias x preço de frete praticado	160
Figura 43 - Diagrama de estoque-fluxo do comportamento dos navios.....	161
Figura 44 - Relação de navios ingressantes x preço de frete.....	162
Figura 45 - Relação da desistência de navios em função do preço de frete	163
Figura 46 - Relação do preço de frete x número de navios disponíveis	164
Figura 47 - Diagrama de estoque-fluxo das indústrias e navios	165
Figura 48 - Diagrama de estoque-fluxo da capacidade do <i>hinterland</i>	167
Figura 49 - Representação de um fluxo de caixa	169
Figura 50 - Diagrama de estoque-fluxo do incentivo à exportação	172
Figura 51 - Diagrama de estoque-fluxo do impacto da indústria marítima.....	173
Figura 52 - Comportamento da colaboração entre indústrias em função do preço de frete	178
Figura 53 - Comportamento da oferta de navios em função do preço de frete	179
Figura 54 - Colaboração entre indústrias e dos navios em função do preço de frete, 50 meses	180
Figura 55 - Variação no número de indústrias em função da taxa de ingresso de novas indústrias.....	181
Figura 56 - Colaboração entre indústrias e dos navios em função do preço de frete, 200 meses	182
Figura 57 - Formação de colaboração em função do preço de frete	183
Figura 58 - Comportamento da oferta de navios em função do preço de frete	184
Figura 59 - Análise da capacidade do <i>hinterland</i>	185
Figura 60 - Cenários 1 e 2 de ampliação da capacidade do <i>hinterland</i>	189
Figura 61 - Cenários 5 e 9 de ampliação da capacidade do <i>hinterland</i>	190
Figura 62 - Análise do comportamento das indústrias em função do incentivo à exportação.....	191
Figura 63 - Indústrias, navios e preço de frete após incentivo à exportação....	191
Figura 64 - Taxa de ocupação do <i>hinterland</i> após implantação de política de incentivo à exportação	193
Figura 65 - Impacto da indústria marítima na taxa de demanda e na taxa de interesse de oferta de navios	195
Figura 66 - Comportamento das encomendas de navios em função da discrepância de frota	196
Figura 67 - Carteira de navios em construção em função das taxas de encomendas e de entrega	197
Figura 68 - Comportamento dos navios.....	198

Figura 69 - Taxa de demolição de navios em função do número de navios existentes.....	198
Figura 70 - Comportamento das indústrias e dos navios em função do preço de frete	199
Figura 71 - Benefícios da implantação do transporte colaborativo marítimo ..	205

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - PIB das 10 principais economias do mundo	45
Tabela 2 - Percentual do PIB aplicado em logística.....	46
Tabela 3 - Funcionamento do CPFRR.....	54
Tabela 4 - Fases evolutivas da Logística.....	56
Tabela 5 - Resultados obtidos com o Transporte Colaborativo	61
Tabela 6 - Benefícios da colaboração	65
Tabela 7 - Exemplo de produtos manufaturados.....	78
Tabela 8 - Comércio mundial de mercadorias (participação em %)	80
Tabela 9 - Exportação por setores 2007.....	80
Tabela 10 - Evolução das exportações brasileiras, por fator agregado	81
Tabela 11 - Evolução da capacidade de transporte das alianças globais.....	92
Tabela 12 - Classificação de modelos.....	107
Tabela 13 - Principais diferenças entre os métodos	116
Tabela 14 - Sistemática de atuação empregada pelas empresas entrevistadas	152
Tabela 15 - Dados utilizados para cálculo do VPL.....	186
Tabela 16 - Dados dos cenários analisados	187
Tabela 17 - Comparação de resultados	200

LISTA DE SIGLAS

ABMS - *Agent Based Modeling and Simulation*;
APAT - Associação Portuguesa dos Agentes Transitário;
CCI - Câmara de Comércio Internacional;
CEPAL - Comissão Econômica para América Latina e Caribe;
CLM - *Council of Logistics Management*;
CPFR - *Collaborative planning, forecasting and replenishment*;
CTM - *Collaborative transportation management*;
ECR - *Efficient Consumer Response*;
EDI - *Electronic Data Interchange*;
EOQ - *Economic Order Quantity*;
FIATA - *Fédération Internationale des Associations de Transitaires et Assimilés*;
FIFO - *First In, First Out*;
GAMS - *General Algebraic Modeling System*;
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
INCOTERMS - *International Commercial Terms*;
LTL - *Less Than Truckload*;
MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio;
MIP - *Mixed-Integer Programming*;
MIT - *Massachusetts Institute of Technology*;
MRP - *Material Requirement Planning*;
NVOCC - *Non Vessel Operating Common Carrier*;
OECD - *Organisation for Economic Co-operation and Development*;
PIB - Produto Interno Bruto;
POMS - *Production and Operations Management Society*;
SCM - *Supply Chain Management*;
SD - *Systems Dynamics*;
SIG: Sistema de Informações Gerenciais;
TEU - *Twenty-Foot Equivalent Unit*;
TI - Tecnologia da Informação;
UML - *Unified Modeling Language*;
UNEF - União dos Exportadores Nacionais de Frango;
VICS - *Voluntary Inter-Industry Commerce Standards*;
VPL - Valor Presente Líquido;
VRP - *Vehicle Routing Problem*.

LISTA DE VARIÁVEIS

Ind : número acumulado de indústrias na colaboração;

$Ind(t_0)$: número inicial de indústrias na colaboração;

ini : número de indústrias ingressantes na colaboração;

di : número de indústrias desistentes na colaboração;

ral : razão de lucro;

$Pref$: valor acumulado do preço de frete;

$Pref(t_0)$: preço inicial de frete;

\dot{I} : taxa de variação do número de indústrias;

Nav : número acumulado de navios;

inn : número de navios ingressantes no mercado de frete marítimo;

dn : número de navios desistentes do mercado de frete marítimo;

$Nav(t_0)$: número inicial de navios no mercado de frete marítimo;

\dot{J} : taxa de variação do número de navios;

$tdem$: taxa de demanda de navios;

tof : taxa de interesse de oferta de navios;

t : tempo;

\dot{M} : taxa de variação do valor do frete marítimo;

$CapHin$: capacidade acumulada do *hinterland*;

amp : taxa de ampliação de área do *hinterland*;

$CapHin(t_0)$: capacidade inicial do *hinterland*;

toc : taxa de ocupação da capacidade do *hinterland*;

$tdemc$: taxa de demanda, medida em contêineres;

$disp$: disponibilidade de área do *hinterland*;

VPL: valor presente líquido;

R_j : receita obtida no período j ;

C_j : custo gerado no período j ;

I_0 : investimento inicial;

r : taxa de interesse mensal;

$I^{(m)}$: valor do investimento na m -ésima unidade;

$I^{(1)}$: valor do custo de construção da primeira unidade;

θ : elasticidade do custo de construção em relação ao número de unidades construídas em seqüência;

δ : fator de experiência;

j : número de unidades investidas;

$incexp$: incentivo à exportação;

$discrep$: discrepância de frota marítima;

$encnav$: número de encomendas de navios;

$Cartec$: número acumulado de navios em construção;

$Cartec(t_0)$: número inicial de navios em construção;

$entnav$: número de navios entregues;

\dot{Z} : taxa de variação dos navios em construção;

tmc : tempo médio de construção de um navio;

$demnav$: taxa de demolição de navios.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	27
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	27
1.2 OBJETIVOS	28
1.2.1 Objetivo geral.....	28
1.2.2 Objetivos específicos	28
1.3 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA TESE.....	29
1.4 CONTRIBUIÇÕES.....	35
1.4.1 Para a academia.....	35
1.4.2 Para a economia e sociedade.....	35
1.5 MÉTODO DE PESQUISA	37
1.6.LIMITAÇÃO DA TESE	40
1.7 ESTRUTURA DA TESE	40
2 EVOLUÇÃO DA LOGÍSTICA ATÉ O CONCEITO DE LOGÍSTICA COLABORATIVA.....	43
2.1 INTRODUÇÃO	43
2.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DA LOGÍSTICA.....	43
2.3 EVOLUÇÃO DA LOGÍSTICA	48
2.3.1 Primeira Fase: Atuação Segmentada.....	48
2.3.2 Segunda Fase: Integração Rígida.....	49
2.3.3 Terceira Fase: Integração Flexível	51
2.3.4 Quarta Fase: Integração Estratégica (SCM).....	51
2.3.5 Quinta Fase: Logística Colaborativa	53
3. FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE GESTÃO DO TRANSPORTE COLABORATIVO	57
3.1 INTRODUÇÃO	57
3.2 PANORAMA GERAL DO TRANSPORTE COLABORATIVO	57
3.3 VANTAGENS DA IMPLANTAÇÃO DO TRANSPORTE COLABORATIVO NA CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	61
3.4 FORMAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE COLABORATIVO	66
3.4.1 Processo de tomada de decisão estratégica de cada colaborador..	67
3.4.2 Modelos operacionais de transporte colaborativo	70
4.EXPORTAÇÃO DE PRODUTOS MANUFATURADOS.....	77
4.1 INTRODUÇÃO	77
4.2 PANORAMA DA DEMANDA MUNDIAL	79
4.3 BARREIRAS AO CRESCIMENTO DA EXPORTAÇÃO DE PRODUTOS MANUFATURADOS.....	82

4.4 MECANISMO PARA REALIZAÇÃO DO TRANSPORTE MARÍTIMO NO CASO DA EXPORTAÇÃO	83
4.4.1 Negociação do transporte.....	84
4.4.2 Regras de negociação – condições de frete.....	88
4.4.3 Principais armadores atuantes no Brasil	89
4.5 COMO OPERAR NA EXPORTAÇÃO? INDIVIDUALMENTE OU EM COLABORAÇÃO?.....	91
4.6 ASPECTOS PRÁTICOS DA FORMAÇÃO DE PREÇOS DE FRETE MARÍTIMO.....	96
5. MÉTODOS DE SIMULAÇÃO APLICÁVEIS À MODELAGEM DO PROBLEMA DE TRANSPORTE COLABORATIVO	105
5.1 INTRODUÇÃO.....	105
5.2 MODELAGEM	106
5.3 SIMULAÇÃO	109
5.4 MÉTODOS DE SIMULAÇÃO APLICÁVEIS À MODELAGEM DO PROBLEMA DE TRANSPORTE COLABORATIVO.....	113
5.5 <i>AGENT BASED MODELING AND SIMULATION</i>	117
5.6 MODELAGEM PARA PROCESSOS LOGÍSTICOS AUTÔNOMOS	125
5.7 MODELAGEM DO PROBLEMA DE TRANSPORTE COLABORATIVO COM O USO DO MÉTODO ABMS	128
5.8 <i>SYSTEM DYNAMICS</i>	133
5.9 MODELAGEM DO PROBLEMA DE TRANSPORTE COLABORATIVO COM O USO DO MÉTODO SD	141
5.10 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS MÉTODOS SD E ABMS.....	148
6. MODELO PROPOSTO À ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA COLABORAÇÃO.....	150
6.1 INTRODUÇÃO.....	150
6.2 PESQUISA ÀS EMPRESAS.....	150
6.3 COMPORTAMENTO DAS INDÚSTRIAS.....	156
6.4 COMPORTAMENTO DOS NAVIOS	161
6.5 COLABORAÇÃO DAS INDÚSTRIAS E DISPONIBILIDADE DE NAVIOS EM FUNÇÃO DO PREÇO DE FRETE MARÍTIMO.....	164
6.6 CAPACIDADE DO <i>HINTERLAND</i>	166
6.7 INCENTIVO À EXPORTAÇÃO	171
6.8 IMPACTO DA INDÚSTRIA MARÍTIMA.....	172
6.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O MODELO PROPOSTO.....	175
7. RESULTADOS.....	177
7.1 INTRODUÇÃO.....	177
7.2 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DAS INDÚSTRIAS.....	177
7.3 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DOS NAVIOS	178

7.4	COMPORTAMENTO DAS INDÚSTRIAS E DOS NAVIOS EM FUNÇÃO DO PREÇO DE FRETE MARÍTIMO.....	179
7.5	ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA CAPACIDADE DO <i>HINTERLAND</i>	185
7.6	ANÁLISE DO INCENTIVO À EXPORTAÇÃO.....	190
7.7	ANÁLISE DO IMPACTO DA INDÚSTRIA MARÍTIMA	193
7.8	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS.....	201
7.8.1	Benefícios do transporte colaborativo marítimo	201
7.8.2	Recomendações à indústria manufatureira exportadora	206
8.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	207
8.1	INTRODUÇÃO	207
8.2	ETAPAS DA PESQUISA.....	207
8.3	O MODELO PROPOSTO	208
8.4	O MÉTODO ADOTADO	210
8.5	OBSERVAÇÕES GERAIS	211
8.6	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	213
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	217

1 INTRODUÇÃO

Os caminhos dos oceanos e dos portos não estão todos eles nos mapas. Mas não se deixa de navegar em virtude da imperfeição ou deficiência dos roteiros (Tenório, 1944).

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A gestão da cadeia de suprimentos atua na coordenação das múltiplas relações ocorrentes na cadeia, isto é, nas redes de organizações envolvidas em criar serviços e produtos ao consumidor final. De acordo com Novaes (2007), quando se fala em cadeia de suprimentos se pensa imediatamente no fluxo de materiais formado por insumos, componentes e produtos acabados.

Esses fluxos entre os participantes da cadeia de suprimentos historicamente apresentam conflitos nos canais de negociação. Observa-se que cada elo busca minimizar seus custos individuais, o que normalmente não converge ao ótimo global da cadeia de suprimentos (Seifert, 2003). Dessa forma, no intuito de reduzir custos, aumentar eficiências e obter vantagens competitivas, verifica-se que as empresas estão sendo forçadas a repensar seus procedimentos, a utilizar técnicas de reengenharia e redefinir os relacionamentos e os modelos de suas cadeias de suprimentos.

É neste contexto que emergiu o conceito global CPFR - *Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment* (Planejamento, Previsão e Reabastecimento Colaborativo), no fim da década de 90. Esse conceito expressa a integração dos diversos participantes da cadeia de suprimentos, de modo a garantir aumento nas vendas, alinhamento inter-organizacional, eficiência operacional e administrativa. Posto isso, um dos campos de aplicação do CPFR se dá no transporte, recebendo a denominação de CTM - *Collaborative Transportation Management* (Gestão do Transporte Colaborativo).

Observa-se que há um consenso entre os especialistas de que essa ferramenta apresenta um grande potencial para auxiliar nas reduções de custos e riscos, aumento no desempenho de serviço e capacidade, bem como na obtenção de uma cadeia de suprimentos mais dinâmica (Seifert,

2003; Tacla, 2003). Embora o CTM não esteja totalmente difundido nas principais cadeias logísticas do mundo, sendo ainda objeto de projetos pilotos no EUA e na Europa, ele se baseia na Teoria dos Jogos, no processo ganha-ganha, pelo qual as empresas, ao tomarem decisões estratégicas, virão a adotar esta ferramenta como alavanca de sucesso, uma vez que todos os participantes obterão ganhos, pois os resultados são positivos para todos os jogadores.

Neste contexto, percebeu-se uma lacuna ainda a ser explorada no que se refere à pesquisa para a resolução do problema de transporte colaborativo de cargas por parte das indústrias de manufatura utilizando-se do modal aquaviário. Este fato contribuiu para a definição do tema desta tese. A opção por se estudar tal modal deve-se ao fato do Brasil ser um país marítimo, debruçado sobre o Oceano Atlântico, com cerca de 7.500 quilômetros ininterruptos de costa (Valente, 1972), além de realizar via marítima 95% (em volume) de seu comércio, mas que segundo Vidigal e Boavista (2006), desde o início de sua colonização “o país vive de costas para o mar”, não explorando satisfatoriamente tais condições para o enriquecimento e desenvolvimento do país.

Neste capítulo serão abordados os objetivos desta tese, sua justificativa e a motivação para sua realização, bem como as contribuições esperadas, o método de pesquisa empregado, limitações e a estruturação da mesma.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Esta tese tem como objetivo apresentar um modelo que analise os efeitos sistêmicos da política de colaboração entre indústrias manufatureiras que utilizam o transporte marítimo para a exportação, levando em consideração os principais parâmetros estratégicos e operacionais envolvidos nessa operação.

1.2.2 Objetivos específicos

No intuito de atingir o objetivo geral proposto nesta tese, os seguintes objetivos específicos serão considerados:

- a) pesquisar sobre o termo logístico “Transporte Colaborativo” e a sua relevância na gestão da cadeia de suprimentos;
- b) identificar, através de levantamento bibliográfico e entrevistas com especialistas e empresários, as principais etapas do processo de exportação empregadas pelas indústrias que utilizam o transporte marítimo para movimentar suas cargas, além de compreender o mecanismo de fretes marítimos;
- c) definir o método de simulação que será utilizado na modelagem do problema em estudo;
- d) desenvolver um modelo conceitual e outro computacional baseado na técnica de simulação escolhida para a compreensão e análise do problema de transporte colaborativo marítimo;
- e) analisar os resultados obtidos no intuito de gerar conclusões recomendáveis às indústrias manufatureiras exportadoras e armadores marítimos¹.

1.3 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA TESE

Considerando que historicamente empresas produtoras e agentes logísticos apresentam conflitos nos canais de negociação (Seifert, 2003), focando apenas em interesses próprios como em seus volumes de cargas, seus cumprimentos de prazos e seus próprios custos, é possível que haja uma perda de receita em toda a rede de suprimentos.

A não ocorrência de maximização de renda não é o único prejuízo da cadeia de suprimentos. Muitas vezes há problemas no atendimento às restrições impostas pelas janelas de tempo, por exemplo: o atraso na entrega de mercadorias em seus destinos também proporciona um ponto negativo à imagem das empresas frente a seus clientes; seja o atraso por parte das indústrias que não finalizam o produto dentro do prazo estipulado ao cliente, ou pelo transitário e transportador que também não cumprem seus prazos prejudicando seu cliente direto - indústria - ou, indireto - consumidor final. Outro fator que gera negatividade à imagem das empresas é o adiantamento na entrega de mercadorias. Nem sempre

¹ Armador: em marinha mercante, é o nome que se dá à pessoa ou à empresa que, por sua própria conta, promove a equipagem e a exploração de navio comercial, independente de ser ou não proprietário da embarcação.

é interessante ao receptor de mercadorias recebê-las com antecedência, pois isto pode gerar conflito no gerenciamento das operações.

Assim, para evitar que tais complicações ocorram é imprescindível que haja um ambiente comunicativo e colaborativo seja ele interno ou externo. Apesar de ainda não haver um consenso entre as definições de ‘colaboração’, ‘cooperação’ e ‘parceria’, nesta tese será adotada a definição de colaboração, adotada por Mentzer *et al.* (2001), como sendo “empresas trabalhando em conjunto para atingir objetivos comuns”, onde a colaboração é caracterizada pelo compartilhamento de informações, conhecimento, riscos e lucros.

Segundo Tacla (2003), pode-se definir ‘colaboração’ como um processo organizado de compartilhamento de informações, planejamento e execução conjunta, que pode ser obtido através de parceria, coerção, esquemas de incentivo, etc.; enfatizando um novo paradigma de eficiência coletiva, onde todos ganham. A colaboração é uma relação bem mais forte do que a definição do mercado, ou seja, simplesmente a troca de informação ou entrega do produto certo no momento preciso, o que se vê em inúmeros exemplos clássicos, como em montadoras de veículos. Para o autor supracitado a parceria que gera a integração no SCM - *Supply Chain Management* (gestão da cadeia de suprimentos) é importante e representa um avanço significativo conseguido com êxito por poucas empresas, porém que define a nova onda em desenvolvimento: “Logística Colaborativa”².

Na implementação prática, além da troca de informações relativas a volume de produção, a prazos de carregamento e descarregamento é preciso que as indústrias exportadoras unam-se no intuito de formar uma forte ação colaborativa para obter poder de barganha junto aos armadores marítimos e negociar de uma maneira melhor o preço de frete marítimo a ser praticado no mercado. De acordo com Santos (2007), o custo do frete representa em média 10% do custo de um produto e, portanto, espera-se que através dessa ação colaborativa seja possível obter economias de escala e redução no frete, atraindo cada vez mais a

² A nomenclatura ainda não define com clareza o conceito, mas já há iniciativas comerciais de patentear o processo, o que tem convencido empresas e profissionais a aceitar sua definição como conceito definitivo (Tacla, 2003).

participação de novos exportadores e com isso contribuir para com o enriquecimento do país.

Além disso, espera-se que oriunda da ação colaborativa seja a participação de novos armadores no mercado marítimo de modo a desestruturar o atual ‘monopólio’ existente e com isso desenvolver a competição, pois a distribuição da frota mundial varia em torno de dez países detendo 65% da frota mundial e os países que movimentam 50% da comercialização variam em torno de 72% da frota (Santos, 2007), e estes têm influenciado a competitividade internacional ao interferir marcantemente no controle dos preços de fretes. Neste sentido, Stopford (2009) defende a necessidade de realização de uma análise sóbria sobre o mercado, observando-se as leis da demanda (por transporte marítimo) e da oferta (de navios), pois isto é o que faz a preço do frete marítimo ser elevado ou reduzido.

De posse destas e outras informações intrínsecas a cada participante do transporte colaborativo marítimo pretende-se, portanto, desenvolver um modelo que considere as principais particularidades dos integrantes, permitindo analisar o comportamento dinâmico do sistema sob diversas óticas, quanto à formação da colaboração.

Um exemplo de parceria encontrado na literatura é o das empresas Unilever® e Brastemp®, que colaboram entre si ao realizarem o transporte de seus produtos: um mesmo caminhão transporta os produtos da Unilever® em geladeiras da Brastemp®, que devem ser entregues aos seus clientes.

A título de exemplo, conforme informado pelo Comitê de Logística do VICS - *Voluntary Inter-Industry Commerce Standards*, nos Estados Unidos os caminhões transitam vazios cerca de 15% a 20% do seu tempo. Outro dado importante para a produtividade dos veículos são os tempos de espera para carga e descarga: eles somam 33,5 horas em média por semana nos EUA. Apesar de não haver dados comparativos no Brasil, sabe-se que as ineficiências por aqui certamente são maiores, seja pela baixa profissionalização dos prestadores de serviço de transporte, seja pela menor adoção de tecnologia de informação ou, ainda, pela menor consciência das empresas embarcadoras de que o tempo parado dos veículos é um prejuízo de toda a cadeia logística.

Esse mesmo raciocínio é válido para o caso nacional quanto ao modal aquaviário. Muitas vezes, empresas de pequeno e médio porte não possuem volume suficiente para fretar um navio ou até mesmo um contêiner necessitando, portanto, realizar uma parceria com outras empresas que apresentem as mesmas características.

Exemplo de colaboração no transporte marítimo é o caso da operação em conjunto dos dois principais grupos de armadores que operam na costa leste das Américas desde o ano de 2001, no transporte entre o Brasil e os Estados Unidos. A fusão teve como objetivo racionalizar custos sem diminuir a capacidade operacional. O número de navios foi reduzido, porém a capacidade foi aumentada, racionalizando os serviços, principalmente num mercado onde a demanda oscila muito. Apesar de julgarem este tipo de fusão como uma espécie de cartel, a colaboração entre concorrentes nem sempre é prejudicial ao consumidor e, é comum acontecer compartilhamento de infra-estrutura entre concorrentes para aumentar eficiência e reduzir custos, inclusive em outros setores sendo que muitas vezes esta economia pode ser até mesmo repassada para o cliente, com a redução do frete (Gazeta Mercantil, 2001).

É neste contexto que a proposta de utilização do conceito de CTM pode agregar valor ao atacar as ineficiências contidas na maioria dos processos de transporte: os trechos com veículos vazios são reduzidos, devido a uma melhor programação, seqüenciamento e roteirização da frota; a consolidação de carga tende a aumentar, aproveitando melhor a capacidade dos veículos; os tempos de espera de carga e descarga podem ser drasticamente encurtados, uma vez que as áreas de expedição/recebimento estão organizadas para agilizar a operação e liberar os veículos o mais rapidamente possível e, melhores políticas de fretes podem ser praticadas.

Buscando na literatura encontra-se que em termos de nível de serviço, a utilização do CTM no transporte marítimo pode reduzir *lead-times*³ de atendimento aos clientes e aumentar a pontualidade das entregas. Conseqüentemente, a disponibilidade dos produtos para o

³ *Lead time*, ou tempo de atravessamento ou fluxo, segundo Tubino (1999), é uma medida do tempo gasto pelo sistema produtivo para transformar matérias-primas em produtos acabados; o tempo desde a solicitação do produto pelo cliente até sua efetiva entrega ao mesmo.

cliente tende a aumentar, reduzindo o *stock out*⁴ e impulsionando as vendas. Erros no pedido e nas faturas também podem ser minimizados, aumentando o percentual de pedidos perfeitos.

Outro fato que motiva o desenvolvimento desta tese é o fato de convivermos com uma grande ineficiência em todos os aspectos da nossa sociedade, em seus sistemas, processos e infraestrutura. De acordo com Taurion (2011) muito desta ineficiência pode ser atribuída ao fato de que o mundo construiu seus sistemas, processos e infraestrutura em silos isolados, sem preocupações com seus interrelacionamentos. Considerando que o mundo está cada vez mais interconectado e interrelacionado, as ineficiências do enfoque isolado ficam cada vez mais aparentes.

O autor supracitado defende que a complexidade da sociedade humana não pode mais ser atacada de forma isolada, como sempre foi feito, mas sim por meio de uma visão de sistemas de sistemas. O mesmo acontece com as empresas: a otimização da cadeia logística de uma empresa pode entrar em conflito com as medidas de otimização do trânsito das grandes cidades. Portanto, o sucesso, ou seja, a redução da ineficiência dos processos e sistemas que movem a sociedade, só será alcançada com a integração deles e de seus atores, sejam estes governos, cidades ou empresas.

A tecnologia existente permite pensar em um sistema de sistemas interconectados. O grande obstáculo não é, portanto, a tecnologia, mas sim a maneira de pensar adotada pelas pessoas. Geralmente pensa-se de forma compartimentalizada, buscando resolver os problemas isoladamente, onde cada empresa busca ser eficiente por conta própria, ignorando a possibilidade de parceria colaborativa com outras que estejam enfrentando o mesmo problema. Assim, tem se tornado cada vez mais evidente que o mundo, a sociedade, é um complexo sistema de sistemas interrelacionados e a globalização tem acelerado cada vez mais esse processo.

Taurion (2011) define que cada sistema é uma mistura de entidades públicas e privadas que envolvem múltiplas indústrias e cita como exemplo, o sistema de saúde que é composto, entre outros, por médicos, hospitais, clínicas, consultórios, farmácias, indústria

⁴ Termo logístico para designar a falta de estoque.

farmacêutica, distribuidores de medicamentos, governo e órgãos regulamentadores. O sistema de transporte, que se ocupa em mover pessoas e mercadorias de um lugar para outro, por sua vez, é composto por empresas de transporte de massa (ônibus, metrô e trens), empresas aéreas, empresas de logística, fabricantes de veículos e aeronaves, agentes de viagens, produtores e distribuidores de combustível e energia, governo e órgãos reguladores. Estes sistemas se inter-relacionam em maior ou menor grau, e decisões e ações tomadas no âmbito de um acabam afetando a todos os outros. Neste processo existe uma nítida relação de causa e efeito, com resultados sendo sentidos de imediato ou no longo prazo.

De acordo com Taurion (2011), historicamente, quando surge um problema, as empresas e os governos tendem naturalmente a olhar o sistema isoladamente, sem análises dos problemas causados ao sistema pelos seus inter-relacionamentos. Nas empresas, esta situação ocorre com frequência. Considere o caso em que numa mesma região haja três indústrias: um fabricante de equipamentos eletrônicos e produtos de informática de consumo, um fabricante de eletrodomésticos e um de móveis para escritório. Cada um deles tem problemas de logística para resolver, incluindo-se aí os relativos às exportações de seus produtos para outros países.

Mesmo que cada indústria otimize individualmente sua cadeia logística, os sistemas de infraestrutura e transporte como um todo não estarão sendo otimizados. Se estas empresas olharem pela ótica holística de sistema de sistemas integrados e inter-relacionados, podem colaborar em enviar seus produtos para outras regiões ou países de forma integrada e colaborativa, compartilhando e otimizando não só as suas cadeias logísticas, mas todo o sistema de transporte.

Assim, não é mais possível desperdiçar recursos, sejam eles de origem natural ou não e para isso, é preciso utilizar maior instrumentação e interconexão dos subsistemas; utilizando-se da capacidade computacional existente que permita analisar e tomar decisões em tempo real, tornando os sistemas, processos e infraestrutura mais inteligentes.

Assim, realizado levantamento bibliográfico bem como efetuado contato com empresários do ramo, verifica-se que inexistente trabalho científico na bibliografia pesquisada que explore a temática da

exportação de produtos manufaturados utilizando-se do transporte marítimo, considerando a construção de um modelo computacional que permita analisar dinamicamente o comportamento da formação de colaboração entre indústrias manufatureiras bem como o impacto gerado para os armadores, a área retroportuária, o desenvolvimento econômico regional. Tal fato justifica o desenvolvimento desta tese de doutorado, que também tem como objetivo contribuir com o desenvolvimento acadêmico científico, econômico e social.

1.4 CONTRIBUIÇÕES

1.4.1 Para a academia

No tocante ao desenvolvimento acadêmico científico esta tese oferece contribuições ao apresentar e estudar um problema existente no ramo empresarial (que trata da possibilidade de formação de colaboração entre indústrias manufatureiras para executarem a exportação de seus produtos através do transporte marítimo), através de uma área da logística ainda pouco explorada: a Gestão do Transporte Colaborativo. A exploração desta temática tem a contribuir à divulgação entre os acadêmicos e contribuir à implementação da mesma em problemas reais. Outra contribuição trata da apresentação e estudo comparativo de dois diferentes métodos de simulação: ABMS - *Agent Based Modeling and Simulation* e SD - *Systems Dynamics*, permitindo aos leitores maior compreensão e entendimento sobre a aplicabilidade de ambos à modelagem de problemas reais. Uma terceira contribuição envolve a proposta de um modelo computacional que simule diferentes condições de operações para as variáveis do problema em estudo, permitindo gerar conclusões sobre o comportamento da colaboração entre indústrias. Estas conclusões são úteis para os acadêmicos compreenderem problemas reais mesmo não estando atuando fisicamente nos mesmos.

1.4.2 Para a economia e sociedade

Segundo Davis *et al.*(1999) a sociedade e negociações atuais estão vivenciando uma economia *blur* (misturado, manchado, sem contorno). Esta economia é caracterizada pela comunicação e computação quase instantâneas que estão reduzindo o tempo das transações, reduzindo distâncias e ciclos de vida de produtos, o que aumenta a competição entre empresas e a busca pela intangibilidade dos

negócios, seja através de inovação, marcas, confiança e relacionamentos.

Tal cenário tem contribuído para que produtos e serviços se tornem cada vez mais semelhantes e, portanto, as empresas estão buscando apresentar uma ‘proposição de valor’ aos clientes; que segundo o autor supracitado, significa chegar ao que o cliente está tentando realizar, e mostrar como o produto ou o serviço o levará a se aproximar desta meta, de modo a incentivar a repetição das compras. A verdadeira novidade na economia *blur*, portanto, é que fatores como a informação e o compromisso emocional constituem uma proporção cada vez maior do valor trocado em ambas as direções.

Posto isso, Davis (1999) afirma que as negociações tem se resumido essencialmente em relacionamentos e, sendo assim, as empresas tem valorizado a formação de ‘redes econômicas’, nas quais todos participam ativamente criando e afirmando valor. Porém o ângulo da questão ainda é a adaptabilidade a essa nova economia. É praticamente óbvio que programas lineares possam otimizar processos produtivos por se tratarem de sistemas estáveis (conhecem-se os insumos, a produção desejada e também conhece-se o processo fabril) e, era dessa maneira que a economia funcionava. Mas considerando a globalização, a velocidade das transações, etc., surge a dúvida sobre como resolver problemas com milhões de variáveis interdependentes, cada qual passível de mudança a qualquer tempo. Para os especialistas, a resposta é desmembrar o problema em pequenas partes e solucioná-lo de maneira independente e da melhor forma possível.

E é nessa economia *blur* que esta tese tem a contribuir, ao estudar o comportamento e transações existentes em uma rede colaborativa de transporte marítimo de produtos manufaturados destinados à exportação. É importante lembrar que desde o programa de estabilização econômica implementado em 1994, que reduziu a inflação a índices internacionais, o governo brasileiro percebeu a existência de outro grande problema: a necessidade de incrementar a pauta exportadora nacional.

Desde então, inúmeros programas foram surgindo, porém o fato é que o Brasil exporta pouco e muito pouco tem sido feito para incrementar, efetivamente, a pauta exportadora. De acordo com Schoeler (2000), é preciso trabalhar a imagem do país no exterior, seja

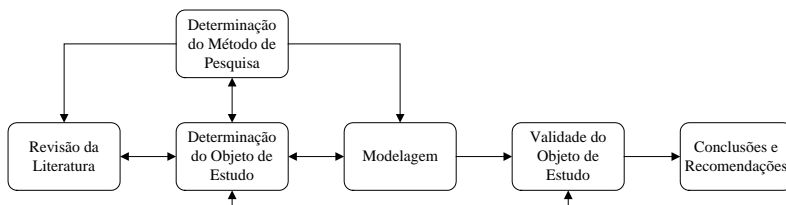
através dos fatores político-administrativos para inserção definitiva do Brasil no comércio internacional, ou dos fatores relacionados ao transporte.

Considerando que o transporte apresenta função indispensável para atender às necessidades da realização da movimentação dos produtos decorrente da abertura econômica, e que um dos aspectos que mais impacta o transporte marítimo brasileiro é o elevado custo operacional, pequenas melhorias obtidas por meio de modelos e técnicas de otimização, podem representar uma economia ao sistema de modo a garantir sua sustentabilidade. Assim, com o modelo a ser desenvolvido nessa tese, espera-se obter contribuições factíveis sobre a formação de colaboração entre indústrias manufatureiras no tocante à exportação de seus produtos utilizando-se do transporte marítimo, que possam ser utilizadas pela sociedade empresarial e governantes no auxílio à tomada de decisões estratégicas.

1.5 MÉTODO DE PESQUISA

A escolha do método foi iniciada com uma análise das diferentes possíveis abordagens para o problema proposto, através da revisão da literatura e determinação do objeto de estudo e, a partir daí concluiu-se que a abordagem mais adequada ao problema seria a do experimento através da modelagem. Após a modelagem do problema e realizadas simulações, o objeto de estudo foi validado levando à algumas conclusões e recomendações para estudos futuros. As etapas da pesquisa estão ilustradas no fluxograma da Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma de etapas da pesquisa

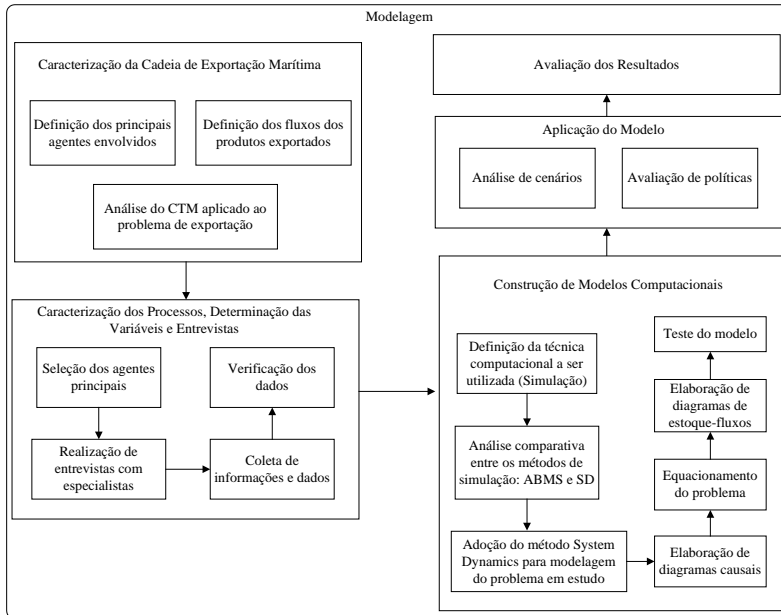


Fonte: do autor.

A etapa da modelagem pode ser considerada a etapa de maior peso no desenvolvimento de uma pesquisa, compreendendo os capítulos

5, 6 e 7 desta tese. Através do fluxograma apresentado na Figura 2 é possível verificar quais as etapas realizadas no processo de modelagem do problema em estudo.

Figura 2 - Fluxograma de etapas do processo de modelagem



Fonte: do autor.

Inicialmente, busca-se caracterizar a cadeia de exportação marítima através dos diversos aspectos discutidos na revisão da literatura além de inserí-la no contexto de Gestão de Transporte Colaborativo. Estes aspectos irão auxiliar na definição dos principais agentes envolvidos nesta cadeia, bem como suas atribuições de modo a auxiliar na construção do modelo.

A etapa seguinte tem por objetivo definir os principais agentes da cadeia a serem considerados para inclusão no modelo inicial e concomitantemente são realizadas entrevistas com empresários e especialistas do ramo de modo a validar a proposta de estudo, além de obter dados para inserção no modelo. Tais informações são úteis no auxílio à definição das variáveis do problema em estudo e na caracterização dos processos. O último passo dessa etapa trata da

verificação dos dados coletados; entendendo-se por verificação, o processo de determinar se os dados coletados são suficientes para a construção do modelo proposto. Caso se verifique que os dados coletados são insuficientes deve-se retornar aos passos anteriores e, é este levantamento de informações que irá sustentar a construção do modelo.

A terceira etapa da modelagem proposta refere-se à construção dos modelos computacionais. Inicialmente, define-se como técnica computacional a ser utilizada, a simulação e, para se definir o método de simulação a ser adotado, é realizada uma análise comparativa entre os métodos *Agent Based Modeling and Simulation* e *System Dynamics*. A análise se dá através da revisão da literatura à respeito do assunto, apontando a aplicabilidade de cada um deles, bem como vantagens e desvantagens de uso além de serem avaliados os *softwares* comerciais existentes para uso desses métodos, o que resulta no início da modelagem do problema em estudo nos *softwares* Anylogic® e Vensim®.

Resultante dessa análise escolhe-se um método para dar continuidade na modelagem do problema em função de suas vantagens, as quais serão apresentadas no capítulo 5. Para o desenvolvimento desta tese opta-se por utilizar o método *System Dynamics*. Para aplicar o SD foi utilizado o *software* comercial Vensim® DSS versão para *Windows* versão 5.8d. Para a escolha deste *software* foram considerados, além da adequação ao problema proposto, aspectos como: facilidade de programação, disponibilidade do mesmo no Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina e *Bremer Instituts für Produktion und Logistik*, além da existência de arquitetura aberta que permita customização. Portanto, seguindo os passos metodológicos para implementação de um modelo de SD, apontados por Sterman (2000), foram elaborados diagramas causais para a compreensão do problema, suas variáveis e interdependências, etc. O passo seguinte buscou equacionar o problema e elaborar diagramas de estoque-fluxo para dar início à simulação e teste do modelo. É nesta etapa que ocorre a especificação da estrutura do modelo e regras de decisão, além de serem especificadas as estimativas dos comportamentos das relações e das condições iniciais dos parâmetros, a definição dos limites de operação e atribuição de valores iniciais e funções para o *software* adotado; para então se testar a sensibilidade das

variáveis e determinar se o modelo comporta-se como o sistema real em situações normais e extremas.

Na seqüência analisam-se diferentes condições de operação das variáveis e avaliam-se políticas de atuação, o que leva por fim, à avaliação de resultados, concluindo a etapa da modelagem. Em decorrência dos resultados obtidos nesta etapa, pode-se retornar às etapas iniciais para se modificar algum dos parâmetros de entrada, gerando-se assim novos cenários para avaliação.

1.6.LIMITAÇÃO DA TESE

Diversas são as variáveis atuantes em um sistema logístico e assim, devida a extensão do assunto, esta tese não pretende exaurir as possibilidades de abordagens do mesmo, comprometendo-se em estudar uma única abordagem que trata da logística do transporte colaborativo marítimo para o caso de produtos manufaturados. O tratamento dessa abordagem busca ‘filtrar’ os principais parâmetros estratégicos e operacionais que atuam na logística marítima de produtos manufaturados, bem como a escolher um único método de modelagem do problema, o qual deve ser criteriosamente escolhido e pesquisado.

Em função das restrições existentes de prazo e complexidade, modelou-se o problema baseando-se nas práticas reais adotadas no mercado de frete marítimo, porém limitando-se a utilizar custos e preços empíricos (visto que não se encontrou à disposição dados reais). Deste modo as equações utilizadas na construção do modelo são adotadas de maneira empírica, porém é possível adaptar o modelo facilmente em caso de obtenção de dados reais.

1.7 ESTRUTURA DA TESE

Considerando que a temática dessa tese ainda é pouco difundida, por se tratar de um assunto muito segmentado, optou-se por iniciar o texto com uma abordagem mais generalista até chegar a uma abordagem específica. Dessa maneira, o tema é explorado gradativamente em oito capítulos, incluindo este introdutório, para facilitar a compreensão do leitor.

No Capítulo 2 é retratada a evolução da Logística desde seus fundamentos primários, passando à inclusão do Planejamento

Colaborativo e suas segmentações até chegar à fase atual, da Logística Colaborativa, foco desta tese. No Capítulo 3 é relatado o funcionamento do transporte colaborativo, algumas das vantagens de sua aplicação e alguns modelos operacionais de transporte colaborativo já estudados.

No Capítulo 4 é abordado um panorama sobre a exportação de produtos manufaturados bem como o procedimento geral para sua realização, focando no transporte marítimo. No Capítulo 5 são apresentados e estudados alguns métodos de simulação possíveis de serem aplicados à modelagem do problema em estudo, contemplando suas definições, aplicabilidade, semelhanças e diferenças. Após a análise desses métodos, optou-se pelo método *System Dynamics* para a modelagem do problema, que é apresentada no Capítulo 6. Neste capítulo são apresentadas as informações obtidas nas entrevistas aos empresários e especialistas, que por sua vez serviram para embasar o modelo. Na sequência são apresentadas as variáveis do problema, suas definições, equações e valores adotados para a realização das simulações.

Realizadas diversas simulações, no Capítulo 7 são apresentados e comentados os resultados obtidos, bem como apontados os principais benefícios possíveis de serem obtidos através da implementação do transporte colaborativo entre indústrias. Por fim, no Capítulo 8 são apresentadas as conclusões desta tese e também algumas recomendações para expansão deste trabalho.

2 EVOLUÇÃO DA LOGÍSTICA ATÉ O CONCEITO DE LOGÍSTICA COLABORATIVA

Uma boa estrutura organizacional não produz por si só um bom desempenho - assim como uma boa Constituição não garante grandes presidentes, ou boas leis, ou uma sociedade moral. Mas uma estrutura organizacional pobre torna um bom desempenho impossível, não importa quão bons os gerentes possam ser. Melhorar a estrutura da organização (...) conseqüentemente melhorará sempre o desempenho (Drucker, 1954).

2.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem o propósito de apresentar as fases cronológicas da logística e a forma como esta tem evoluído para o conceito de “Logística Colaborativa” que, segundo autores, é a mais recente fase da logística, evoluída do conceito de SCM. Esta apresentação da evolução busca adaptar o leitor aos novos conceitos, levando-o a compreender o funcionamento de uma etapa seguinte que trata do Transporte Colaborativo, foco desse trabalho.

2.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DA LOGÍSTICA

A evolução da logística está ligada ao comércio e seu desenvolvimento. Segundo Ballou (1993), na antiguidade as mercadorias que as pessoas desejavam eram produzidas distantes de onde gostariam de consumi-las ou eram disponibilizadas apenas em certos períodos do ano. Devido à ausência de um sistema de transporte bem desenvolvido e de sistemas de armazenagem, o movimento de mercadorias era limitado e a armazenagem de perecíveis era possível apenas por um curto período de tempo. Essas limitações dos sistemas de movimentação e de armazenagem forçavam as pessoas a viverem perto das fontes de produção e a consumirem uma estreita gama de mercadorias.

Quando o sistema logístico passou a evoluir, o consumo e a produção começaram a separar-se geograficamente. As regiões se

especializaram em mercadorias que podiam ser produzidas com mais eficiência, e o excesso de produção pôde ser transportado de forma econômica para outras áreas produtivas ou consumidoras, ao mesmo tempo em que se passou a importar produtos que não podiam ser produzidos no local de consumo.

Para Santana (2004) esse mesmo princípio aplicado ao mercado mundial ajuda a explicar o alto nível do comércio internacional que é desenvolvido hoje. Com isso, pode-se explicar também a evolução dos sistemas logísticos, pois estes possuem uma relação de causa e efeito com a evolução do comércio.

A evolução conceitual da logística teve sua origem principalmente na área militar, no período da Segunda Guerra Mundial (Tacla, 2003). O objetivo desta tarefa durante este período era dar suporte às tropas que se deslocariam para uma batalha. A equipe de logística era acionada providenciando munição, alimentação, equipamentos e suprimentos médicos, antes mesmo de o batalhão dar início à viagem. Apesar de todo mal que traz uma guerra, em algumas situações é também através dela que se pode obter o desenvolvimento de uma nação, seja em tecnologia ou inovação conceitual; caso este que ocorreu com a logística.

Cadeia de suprimentos envolve materiais, fluxo formado por insumos, componentes e produtos acabados (Novaes, 2007). A integração da procura e da oferta deve estar relacionada com as opções estratégicas que determinam quais as atividades e processos que uma organização irá realizar e como elas serão planejadas (Scholz-Reiter *et al.*, 2007-b). Planejamento e operações de controle, ou melhor dizendo, a produção, estoques e distribuição através do processo da cadeia de abastecimento constituem o aspecto fundamental do SCM, onde o principal objetivo da gestão da cadeia é encontrar o equilíbrio das transações envolvidas (Stadtler e Dudek, 2005).

Deste modo, é fácil entender a semelhança existente entre as necessidades de uma tropa e as necessidades de uma empresa para suprir-se de matérias primas, movimentar, estocar e distribuir seus produtos. Nos processos produtivos das empresas é necessário transportar produtos das fábricas para armazéns e também para os clientes finais; além de armazenar matérias primas em quantidades suficientes para garantir a produção planejada (Tacla, 2003). É também

necessário manter produtos acabados em estoque devido à descontinuidade entre o ritmo da produção e da demanda.

Para haver a consolidação dos mercados globais há necessidade de sistemas logísticos eficientes capazes de fazer a ligação entre o setor produtivo e o cliente final, sendo influenciados por diversos fatores. A disponibilidade de recursos favorável ou a não-disponibilidade de elementos essenciais de produção desempenham papel decisivo na definição das redes logísticas.

Outro importante papel pode ser desempenhado pelos governos com intenções políticas de atração de investidores que permitam às empresas ganhar vantagens específicas de localização, com o objetivo de compensar eventual falta de competitividade em relação a outras localizações (Martel e Vieira, 2008).

Essas operações, totalmente necessárias, eram consideradas apenas atividades de apoio no passado e hoje, as atividades relacionadas à logística absorvem grandes recursos dos países, já calculados em percentuais sobre o PIB - Produto Interno Bruto. A Tabela 1 apresenta o PIB das 10 principais economias do mundo, dados de 2010. Vale salientar que em 2010 o Brasil ocupou a 7ª posição enquanto que no ano de 2008 ocupava a 10ª posição.

Tabela 1 - PIB das 10 principais economias do mundo

<i>Ranking</i>	<i>Nação</i>	<i>PIB (US\$ trilhões)</i>
1	União Européia	15,90
2	Estados Unidos	14,62
3	China	5,75
4	Japão	5,40
5	Alemanha	3,31
6	França	2,56
7	Reino Unido	2,26
8	Brasil	2,10
9	Itália	2,04
10	Canadá	1,57

Fonte: CIA - The World FactBook (2010).

Analisando na Tabela 2 os gastos logísticos de algumas das principais nações percebe-se que o custo percentual sobre o PIB é bastante significativo, principalmente nos países emergentes se comparados aos países desenvolvidos. E dessa maneira as ineficiências existentes na atividade de transporte podem provocar um alto custo para a economia.

Tabela 2 - Percentual do PIB aplicado em logística

Nação	Custo sobre o PIB
China	21%
Índia	13%
Brasil	12%
Europa	11%
Estados Unidos	8%

Fonte: Portal Exame (2006).

O mercado de um modo geral, não acreditava que as operações logísticas pudessem agregar valor ao produto além do aumento de custo. A cada movimentação a contabilização era de incremento no custo do produto e assim, o setor de logística em uma empresa era visto como um centro de custo adicional sem poderes estratégicos para a tomada de decisão.

O fato que passou a contribuir para a valorização das atividades logísticas foi que o valor do produto não estava completo se distante fisicamente do consumidor, da mesma forma que a matéria prima não teria valor se não pudesse estar no local certo para dar início ao processo produtivo; portanto, a logística passou a ser vista como potencial agregadora de valor ao produto final, posicionando-o no local correto, no momento correto e na quantidade correta. A partir de então o conceito de logística evoluiu e hoje se relaciona à praticamente todos os processos da cadeia de suprimentos.

Segundo o CLM - *Council of Logistics Management* (2009), Conselho Norte-Americano de Logística, a definição mais bem aceita para logística, inclusive para autores brasileiros é:

“Logística é a parcela do processo da cadeia de suprimentos que planeja, implanta e controla de forma eficiente e eficaz, o fluxo de matérias-

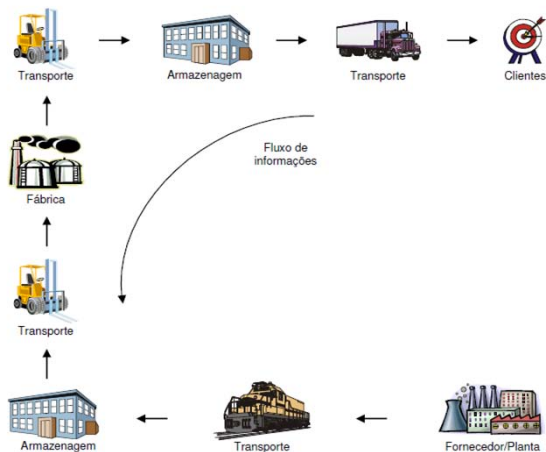
primas do estoque em processo, produtos acabados e informações relacionadas, desde seu ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender aos requisitos dos clientes/consumidores.”

Para Novaes (2007), a logística moderna busca incorporar:

- prazos previamente acertados e cumpridos integralmente, ao longo de toda a cadeia de suprimento;
- integração sistêmica entre todos os setores da empresa;
- integração efetiva através de parcerias com fornecedores e clientes;
- busca da otimização global, envolvendo racionalização dos processos e a redução de custos em toda a cadeia de suprimentos;
- satisfação plena do cliente, garantindo um nível de serviço pré-estabelecido.

Como se definiu, um sistema logístico engloba desde os produtores de matérias-primas até o consumidor final, sendo que a transformação ocorre durante sua trajetória. A Figura 3 ilustra este caso de transformação e distribuição de um produto.

Figura 3 - Fluxo de transformação de produtos



Fonte: Ballou (1993).

Em grande parte das cadeias logísticas, o processo de transformação inicia-se junto à fonte de recursos naturais (produtor, neste exemplo), em seguida a matéria-prima é armazenada e na seqüência é encaminhada à unidade transformadora. Uma vez transformada a matéria-prima em produto acabado, o mesmo é alocado em embalagens adequadas para sua proteção e transporte, para ser, possivelmente, enviado ao centro de distribuição. Quando a venda se dá através de redes varejistas, o produto acabado ainda é encaminhado ao varejista para então ser oferecido ao consumidor final (Silva *et al.*, 2008).

Além do fluxo de materiais há também o fluxo de informações, nos dois sentidos: montante à jusante, jusante à montante, além de valor monetário em sentido oposto ao de materiais pelo fato de vir do consumidor final para o fornecedor de matéria-prima.

2.3 EVOLUÇÃO DA LOGÍSTICA

Diversos são os textos que relatam sobre a evolução da logística e dentre eles o texto de Novaes (2007) discorre de maneira clara e sucinta sobre este assunto. Composto de quatro etapas, o texto deverá ser complementado com uma quinta etapa, a mais atual de todas, sobre Logística Colaborativa.

2.3.1 Primeira Fase: Atuação Segmentada

Após a Segunda Guerra Mundial a indústria procurou aproveitar as lacunas de demanda existentes no mercado consumidor, aproveitando a ociosidade de capacidade e também os novos processos produtivos em série. Neste período os sistemas de informação eram ineficientes, sendo os pedidos realizados manualmente e, portanto, havia necessidade de se rever constantemente os números do estoque. Pode-se dizer que o “estoque” era o elemento-chave no balanceamento da cadeia de suprimentos neste período.

O estoque atuava como um pulmão entre a manufatura e os depósitos e centros de distribuição, tentando balancear os fluxos existentes na cadeia. As fábricas produziam seus produtos e os disponibilizavam nos depósitos de suas fábricas e à medida que os centros de distribuição e consumidores necessitavam o produto, novos pedidos eram encaminhados aos fabricantes.

Em algumas situações os varejistas colocavam seus pedidos junto aos centros de distribuição ou atacadistas; gerando estoques intermediários entre os depósitos e lojas de varejo. Assim, a quantidade de material parado era elevada, fazendo com que o custo de estocagem crescesse exponencialmente.

Nesta primeira fase da Logística, buscava-se formar lotes econômicos para transportar os produtos, dando menor importância para a formação de estoques. O método de controle de estoques utilizado na época era o clássico EOQ - *Economic Order Quantity* (Quantidade Econômica do Pedido), cujo enfoque era minimizar a soma do custo de inventário, do custo de transporte e do custo de elaborar o pedido.

Durante esta fase havia uma visão estritamente corporativa por parte das empresas, onde cada uma tentava reduzir ao máximo seus custos, sem o comprometimento de envolver a otimização dos demais envolvidos na cadeia de suprimento.

2.3.2 Segunda Fase: Integração Rígida

Esta fase pode ser caracterizada pelo surgimento de novos produtos, novas cores e modelos, o que passou a impulsionar cada vez mais o consumo por parte dos consumidores. Isto foi possível devido à maior flexibilidade dos processos produtivos, sem proporcionar aumento significativo nos custos de produção. Essa diversificação de produtos passou a proporcionar um aumento acentuado nos estoques ao longo da cadeia produtiva, sendo necessária maior racionalização da cadeia de suprimento visando maior eficiência nos processos e conseqüentemente, redução nos custos.

A crise do petróleo na década de 1970 promoveu o encarecimento do transporte de mercadorias. Os custos de transporte e distribuição aumentaram demasiadamente, encarecendo os produtos e reduzindo os lucros. Concomitantemente, a concentração de pessoas nos perímetros urbanos aliada ao crescimento da frota de veículos, gerou expansão territorial das cidades, os congestionamentos de trânsito, além de restrições no horário de circulação de caminhões. Também nas rodovias passou-se a observar congestionamentos com o aumento de custos e redução das velocidades médias. Como resultados elevaram-se os custos de transporte e de distribuição dos produtos além dos custos com mão de obra.

Um fator que também gerou novas alternativas de escoamento dos fluxos logísticos foi a utilização da multimodalidade no transporte de mercadorias, combinando o uso de caminhão, navio, trem e até avião, reduzindo custos e capacidade ociosa.

Nesta fase da Logística também foi possível começar a colher os frutos do uso da informática nas operações nas empresas. Através dela alguns procedimentos feitos manualmente puderam ser substituídos, permitindo a resolução de uma gama de problemas, por exemplo, modelos de otimização de estoques, de seqüenciamento da produção no chão de fábrica, de localização de centros de distribuição, entre outros.

Assim, os elementos-chave desta fase foram a otimização de atividades e o planejamento. Neste período, o planejamento da produção era realizado e implementado pelo setor de fabricação segundo seus próprios critérios, o que gerava estoques excessivos em toda a cadeia de suprimentos.

Uma forma de reduzir esses efeitos negativos foi incorporar ao planejamento, outros setores da empresa, como fornecedores e clientes. Deste modo, mensalmente os centros de distribuição da empresa consultavam os varejistas e clientes, realizando a previsão da demanda e encaminhando-a à manufatura. Era o setor de manufatura quem elaborava então o planejamento da produção e transmitia ao setor de compras a necessidade de matéria-prima e componentes. Os fornecedores recebiam a previsão de compras e então se planejava a mão de obra necessária para o período. Essas atividades utilizavam-se das ferramentas do tipo MRP - *Material Requirement Planning* e MRP II, as quais permitiam maior racionalização das operações.

Se por um lado a ferramenta permitia maior racionalização, por outro tornava o sistema inflexível: uma vez elaborado o plano de produção, permanecia fixo ou, se fosse alterado gerava muito transtorno.

A maior contribuição desta etapa da Logística foi a racionalização integrada da cadeia de suprimento, porém muito rígida, não permitindo a correção dinâmica, em *real time*, do planejamento.

2.3.3 Terceira Fase: Integração Flexível

A terceira fase da Logística é caracterizada pela integração dinâmica e flexível entre os participantes da cadeia de suprimento. Esta integração passa a ocorrer dentro das corporações e nas inter-relações destas com seus fornecedores e clientes.

Nesta etapa, iniciada no fim da década de 1980, passa-se a buscar o intercâmbio de informações entre os diversos elementos da cadeia através do EDI - *Electronic Data Interchange* (Intercâmbio Eletrônico de Dados), permitindo uma integração dinâmica e agilizando a cadeia. Um exemplo do que ocorreu nesta etapa é o código de barras, que integrou as vendas com os depósitos, servindo como um importante meio de controle de estoques. À medida que os produtos iam sendo vendidos, iam sendo registrados no computador, o qual realizava o balanço entre as vendas e o estoque existente, definindo as remessas do produto para as lojas.

Com o uso do EDI passa a ser possível o intercâmbio de informações entre as empresas e fornecedores e clientes. O uso desta ferramenta flexibiliza o processo de programação, permitindo ajustes mais freqüentes entre os integrantes da cadeia de suprimento.

É partir desta fase da Logística que passa a haver maior preocupação com o nível de satisfação dos clientes e também com os demais envolvidos na cadeia completa, seja o fornecedor ou o varejista. Uma tendência que se iniciou nesta etapa é a de Estoque Zero, buscando reduções permanentes nos níveis de estoque.

2.3.4 Quarta Fase: Integração Estratégica (SCM)

Na quarta fase da Logística ocorre uma alteração maior: as empresas passam a tratar a questão logística de maneira estratégica, ou seja, em lugar de otimizar pontualmente as operações, as empresas passaram a buscar novas soluções usando a Logística para ganhar competitividade.

Os agentes da cadeia de suprimento passaram a atuar mais próximos, trocando informações, antes consideradas confidenciais, e formando parcerias. A Logística passou a ser vista como um elemento diferenciador, estratégico, que possibilitava alcançar maiores fatias do

mercado. Fato para isso foi a globalização e a competição mais acirrada entre as corporações.

Um elemento novo, que passou a ser utilizado mais fortemente nesta etapa é o *postponement* (postergação), visando reduzir os prazos e as incertezas ao longo de toda a cadeia. Este elemento passou a ser visto como um fator estratégico na busca da melhor atuação da empresa no mercado, sem prejudicar o produto.

Outro elemento que surgiu nesta fase é o de empresas virtuais para produtos de grande valor agregado, em geral eletrônicos. As empresas virtuais efetuam a venda via *internet*, e as fábricas se localizam junto a grandes aeroportos, atuando de modo ágil, tanto na questão de *marketing* como na de fornecedores, como por exemplo, a empresa Dell®. A esse tipo de empresa também está associado o sistema de comércio eletrônico.

Nesta fase, mais especificamente na Europa, também passa a haver maiores preocupações com o meio ambiente, criando a Logística Verde e também a Logística Reversa, que trata do processo de recuperação de materiais diversos.

O que realmente distingue essa etapa das demais é a nova concepção no tratamento dos problemas logísticos. Trata-se do SCM, onde os agentes participantes atuam em uníssono e de forma estratégica, buscando os melhores resultados em termos de redução de custos, de desperdícios e de agregação de valor ao consumidor final. Já não há mais a separação entre os diversos participantes da cadeia, havendo uma interpenetração de operações entre elementos da cadeia.

Para conseguir melhorar o nível de serviço e ao mesmo tempo reduzir os custos, as empresas passaram a investir em TI - Tecnologia da Informação, atuando mais fortemente em suas atividades principais e terceirizando as demais.

Essa fase, portanto, distingue-se das demais devido a haver: ênfase na satisfação do consumidor, formação de parcerias entre fornecedores e clientes da cadeia de suprimento, abertura entre parceiros permitindo acesso às informações operacionais e estratégicas e aplicação de esforços para agregar o máximo valor ao consumidor final e eliminar os desperdícios, reduzindo custos e aumentando a eficiência.

2.3.5 Quinta Fase: Logística Colaborativa

Desde a introdução do conceito de ECR - *Efficient Consumer Response* (Resposta Eficiente ao Consumidor) em meados de 1993, os participantes da cadeia têm tentado olhar além do seu próprio negócio de modo a tornar realidade o conceito de ECR, com todos os envolvidos trabalhando juntos através principalmente das redes de comunicações formadas pelo EDI (Silva *et al.*, 2009).

De acordo com pesquisa de Tacla (2003) não existe na literatura documento em abundância que ratifique o surgimento desta fase, mas é possível encontrar material denominando-a como a “nova onda”.

Iniciativas e trabalhos recentes apresentados em diversos congressos de renome, como a conferência do POMS - *Production and Operations Management Society*, do ano de 2008 já apresentam essa abordagem como um passo adiante na evolução do conceito de SCM.

De acordo com a literatura pode-se definir “colaboração” como uma maior interação entre os participantes da cadeia de suprimento aliados fortemente pela troca de informações na busca de um objetivo único: sucesso do empreendimento.

A iniciativa mais forte a conceituar a Logística Colaborativa chama-se “CPFR” (*Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment*) e pode ser vista como uma tentativa que almeja aumentar o fluxo de caixa e melhorar a performance dos retornos sobre os investimentos, além de melhorar a gestão do fluxo dos bens desde os produtores até os consumidores finais. A Tabela 3 apresenta o funcionamento do CPFR.

Os precursores desta “nova onda” definem o CPFR como um processo que também tem por objetivo reduzir os estoques ao longo da cadeia de suprimento (Seifert, 2003). Isto é possível através de maior acurácia na previsão da demanda e vendas e, no conjunto da elaboração do planejamento e ressuprimento. Outras vantagens incluem o aumento das vendas de produtos devido ao planejamento colaborativo, redução de erro de previsão, redução nos tempos de ciclo de replanejamento, redução nos dias de suprimento, níveis de estoques inferiores e alto giro do estoque (Fraser in Seifert, 2003).

Tabela 3 - Funcionamento do CPFRR

1º) Acordo entre os envolvidos da cadeia para formar relação de negócio colaborativa com troca de informações e sincronização das atividades.

2º) Integração das diversas previsões de diferentes requisições de produtos, sincronizando e consolidando fretes e provendo previsões de entrega de produtos nos destinatários, de modo que toda a cadeia ganhe vantagem.

3º) Trocas e comparações de informações de diferentes sistemas e notificação aos usuários sobre a possibilidade de trocas de data, preços, autorização

4º) Sistema é gerido por um único operador em qualquer lugar e atualizado *online* podendo ser usado por cada colaborador.

5º) Combinando a inteligência de cada participante do sistema de tomada de decisão e, o conhecimento empírico de cada participante individual, com a comunicação em tempo real, pode-se prover o suporte simultâneo para reduzir os custos de inventário e aumentos no nível de serviço ao cliente.

Fonte: Adaptação de Sherman (1998).

O CPFRR opera como um jogo de processos empresariais onde os parceiros aceitam objetivos mútuos, passando a desenvolver estratégias de vendas e planos operacionais em comum ao colaborarem um para com o outro. Considerando que cada vez mais se eleva o nível de comunicação nas relações empresariais, há maior ocorrência de alterações na demanda, promoções ou políticas comerciais e, juntos os empresários podem ajustar os planos, minimizando e até mesmo eliminando desperdícios e custos desnecessários.

A Logística Colaborativa visa promover produtividade, confiabilidade e o favorecimento da economia do sistema de tal forma que se torne *perene*, com tendência de ganho a todos (Tacla, 2003). O sucesso deste modelo, portanto, depende de um alto grau de entrosamento dos participantes; a cultura das empresas deve permitir a troca de informações, elaboração de planejamento e operações em conjunto.

Apesar de identificada a necessidade de parcerias entre as empresas, uma questão presente nas relações entre elas é a dificuldade de entrosamento profundo, com acordos reais de parcerias. Para Novaes

(2007) ainda há muita desconfiança nas relações entre as diversas empresas atuantes em uma mesma cadeia de suprimento e em muitos casos, há transferência de ineficiência de um parceiro, mais forte, para outro mais fraco.

Outro aspecto adicional que dificulta a evolução das empresas utilizando este conceito de “colaboração” é a complexidade das operações logísticas. Até então o CPF_R focava mais especificamente em planejamento e previsão e não diretamente em reabastecimento, o *R* em CPF_R. Inerente a este *R* em CPF_R está o fato da distribuição física dos bens via algum modo de transporte, como por exemplo, caminhão, avião, trem ou navio, de uma origem a um destino. A Tabela 4 apresenta as principais características das fases da logística, conforme mencionado anteriormente, até chegar aos dias atuais.

Compreendido genericamente o campo de atuação e a evolução da logística, o capítulo a seguir abordará a finalidade do CTM em uma cadeia de suprimentos, o que tornará perceptível ao leitor a compreensão da importância desta tese cujo foco de aplicação é o transporte marítimo de produtos manufaturados.

Tabela 4 - Fases evolutivas da Logística

1ª fase Atuação segmentada	-Pedidos manuais
	- SIG ineficiente
	-Alto índice de estoque
	-Controle de estoque através do EOQ
	-Empresas independentes
	-Relação do tipo “ganha-perde”
2ª fase Integração rígida	-Maior flexibilidade dos processos
	-Elevado custo com transporte
	-Multimodalidade no transporte de
	-Início do uso da informática nos
	-Início da troca de informações entre os
	-Uso do MRP e MRP II
3ª fase Integração flexível	-Plano de produção rígido (fixo)
	-Troca de informações (uso do EDI)
	-Integração flexível e dinâmica entre
	-Uso do código de barras
	-Início da preocupação com o nível de
4ª fase Integração estratégica	-Busca do Estoque Zero
	-Maior parceria entre agentes
	-Logística como diferencial estratégico
	-“ <i>Postponement</i> ”
	-Empresas virtuais
	-Comércio eletrônico
	-Logística verde
	-Logística reversa
	-Surgimento do SCM
-Maior investimento em TI	
5ª fase Logística colaborativa	-ECR
	-EDI
	-Forte troca de informações entre agentes
	-Surgimento do conceito CPFPR
	-Objetivos mútuos entre os agentes
	-Relação do tipo “ganha-ganha”
-Desmembramento das atividades	

Fonte: do autor.

3. FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE GESTÃO DO TRANSPORTE COLABORATIVO

Uma aliança reflete um desejo existente entre dois ou mais participantes de modificarem suas práticas atuais de negócios, no sentido de serem eliminadas as duplicidades de atividades nas interfaces da cadeia de valor agregado, bem como serem reduzidos possíveis desperdícios de recursos de produção, transporte e distribuição. (Bowersox, 1990).

3.1 INTRODUÇÃO

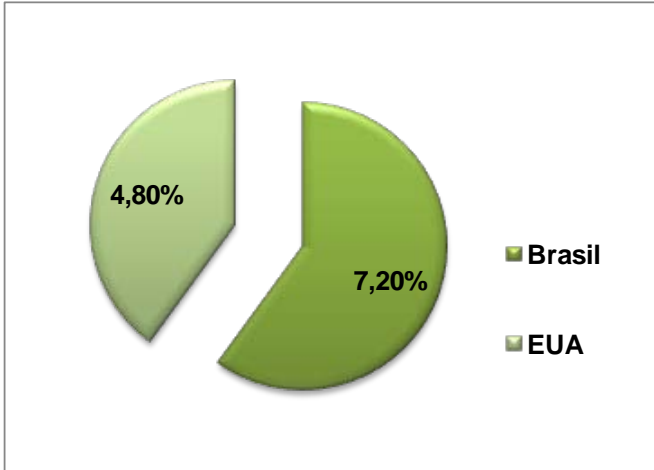
O intuito deste capítulo é relatar mais detalhadamente o funcionamento do transporte colaborativo, apresentando algumas das vantagens de sua aplicação, alguns resultados obtidos com empresas de renome no mercado bem como o processo de formação da colaboração. Também serão apresentados alguns modelos de operacionalização de transporte colaborativo encontrados na literatura, permitindo ao leitor compreender o escopo deste trabalho.

3.2 PANORAMA GERAL DO TRANSPORTE COLABORATIVO

Considerando que o PIB brasileiro foi de US\$ 1,99 trilhão em 2008 e que o percentual aplicado em logística é de 12%, tem-se US\$ 238,8 bilhões investidos em custos logísticos neste ano. De acordo com a literatura existente que aponta os custos com transporte como os gastos mais impactantes na composição dos custos logísticos (aproximadamente 60% dos valores, segundo Lima, 2006), pode-se afirmar que US\$ 143,28 bilhões foram destinados aos custos com transportes, ou seja, aproximadamente 7,2% do PIB nacional.

Este valor fica bem acima de valores obtidos em países desenvolvidos como é o caso dos Estados Unidos que depende apenas 4,8% do PIB em transporte, conforme a Figura 4. Isto demonstra que o transporte é um item muito significativo nas contas finais dos recursos gastos com os produtos brasileiros tanto para o mercado interno, quanto para produtos a serem exportados, compondo o “Custo Brasil” (Tacla, 2003).

Figura 4 - Percentual do PIB destinado à atividade de transportes



Fonte: do autor.

Os valores e conceitos apresentados justificam os esforços no sentido de otimizar o transporte e reduzir os gastos envolvidos nesta operação e neste sentido, o “Transporte Colaborativo” vai ao encontro a esse objetivo.

Este é um dos mais recentes conceitos no campo de transportes, logística e gestão da cadeia de suprimentos, instituído no ano de 2000 nos Estados Unidos, cujo objetivo principal é reduzir ou eliminar ineficiências no processo de transporte, como por exemplo, o tempo de percurso, inventário, espaço, erros e distâncias, através da colaboração.

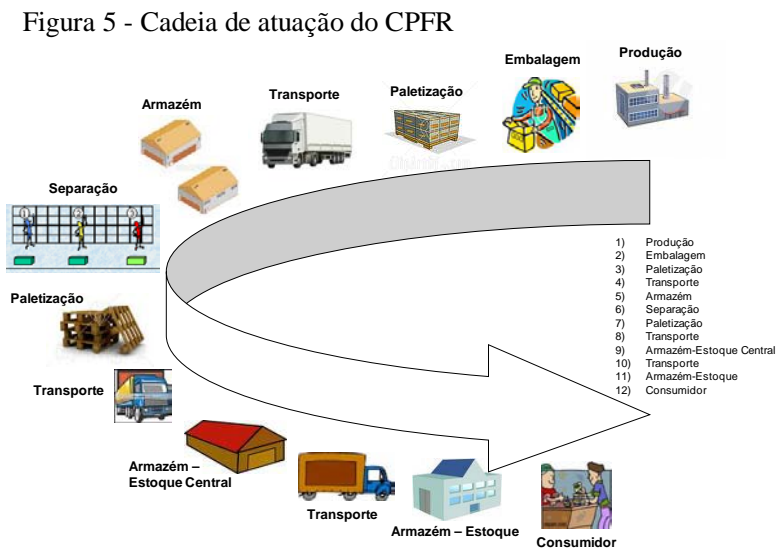
Similar ao CPFR, o Transporte Colaborativo envolve informações e fluxos de processos de fornecedores e compradores que colaboram juntamente com transportadores ou 3PL's⁵ para prover efetiva e eficiente entrega do carregamento.

Conceitualmente as empresas podem ingressar no sistema de Transporte Colaborativo com ou sem o emprego do CPFR. Os processos de negócios mais geralmente associados com a colaboração da cadeia de suprimentos são aqueles envolvidos em CPFR. Entretanto, o Transporte

⁵ 3PL: termo originado na década de 80 para nomear o operador logístico que executa e gerencia serviços e atividades logísticas.

Colaborativo tem sido referenciado como o “elo perdido” da execução da cadeia de suprimentos colaborativa. Sem a habilidade de desenvolver previsões efetivas de carregamento, as previsões de ordens que foram desenvolvidas pelo CPFR poderiam ser atendidas sem acuracidade; no entanto, o Transporte Colaborativo provê o próximo passo crítico após a geração de ordens via o CPFR (Sutherland, 2003).

Em adição, enquanto o CPFR é baseado primariamente em compradores e vendedores, o conceito de colaboração aplicada ao transporte faz um laço no relacionamento colaborativo para incluir provedores de serviço de transporte, portanto, adicionando valor a todo o processo de colaboração, envolvendo os diversos elos da cadeia de suprimento conforme a Figura 5.



Fonte: adaptado de Baumgart/Bieber in Seifert (2003).

Para Tacla (2003) a colaboração se dá com o compartilhamento de recursos, principalmente a utilização de mesmo equipamento de transporte, o que contribui para reduzir gastos ao aumentar a produtividade dos equipamentos de transportes. Na definição de Mentzer *et al.* (2001), conforme já citado, o termo colaboração refere-se à: empresas trabalhando em conjunto para atingir objetivos comuns, sendo caracterizada pelo compartilhamento de informações, conhecimento, riscos e lucros.

No caso do transporte, a colaboração se dá a partir da elaboração de previsão de carregamento, incluindo gerações de ordens e cargas e, finalmente a execução da entrega e pagamento do transportador. Considerando os transportadores, os destinatários e as ineficiências do transportador, o processo se torna colaborativo com benefícios a todas as partes.

De acordo com Sutherland (2003) esses benefícios podem ser alcançados através de duas formas primárias: comunicação direta entre os transportadores e participantes envolvidos no negócio, ou facilitação da comunicação e execução do processo de 3PL.

Para os embarcadores, ineficiências como custos de transporte, tempo de ciclos longos, alto custo de inventário e baixa *performance* de entrega “*on time*”, são de grande relevância. Já para os transportadores, ineficiência tal como carga vazia, tempo improdutivo de espera e a falta de uma rede de negócios colaborativa são relevantes. O que se necessita em ambos os casos é a formação de uma plataforma colaborativa, que contemple os objetivos de cada elo participante da cadeia de modo a buscar a melhoria no todo. Essa plataforma colaborativa pode ser obtida através dos seguintes elementos:

- redes críticas de transportadores e fretes de carregamentos por parte das indústrias de manufatura;
- sistema de conectividade baseado na *internet*;
- utilização de algoritmos de otimização.

Combinando estes três elementos para encontrar o melhor negócio de frete com transportadores habilitados, é possível aumentar as taxas de carregamento, minimizar as milhas vazias e retenção de horas, o que reduz custos e aumenta o serviço dentro da rede de transportes. Em particular, o uso do algoritmo serve para processar todos os fretes e informações das habilidades dos transportadores para facilitar a seleção do transportador e relacionamentos, bem como o fornecedor e análise da localização do cliente.

Para demonstração é utilizada a Tabela 5 que permite avaliar os resultados obtidos com a implementação do Transporte Colaborativo no maior varejista norte americano de peças de automóveis, Autozone®:

Tabela 5 - Resultados obtidos com o Transporte Colaborativo

Antes da Reengenharia	Depois da Reengenharia
Vendedores controlavam o frete	77% dos vendedores passaram a recolher
85% dos carregamentos internos	< 2% de carregamentos internos
Tempo médio de trânsito de 1 semana	Tempo médio de trânsito de 1,5 dias
Sem visualização do canal	Completa visibilidade do canal
Excessivos danos nos fretes	Danos nos fretes praticamente eliminados
Alto custo de transporte	>20% de redução nos custos de transporte
Crescimento restrito	Significante redução do inventário
Fraca <i>performance</i> “on time”	99% de <i>performance</i> “on time”
Fraca utilização da frota privada	25% de aumento na utilização da frota privada

Fonte: Sutherland (2003).

O que se percebe é que com a implementação desta sistemática a empresa obteve resultados bem significativos, melhorando sua *performance* no mercado. Assim, considerando que as empresas desejam melhorar os resultados possíveis com o uso do Transporte Colaborativo, é preciso que os processos entre as mesmas sejam em tempo real, automatizados, confiáveis e com custo condizente.

A implementação do Transporte Colaborativo, portanto, requer sistemas que permitam colaboração inter-organizacional a um custo efetivo e de maneira tecnologicamente compatível. Sem tais sistemas, as empresas que tentam implementar a sistemática podem deparar-se com esforços inválidos e difíceis de se gerenciar. Ver Silva *et al.* (2009) para maiores informações sobre como implementar o CTM.

3.3 VANTAGENS DA IMPLANTAÇÃO DO TRANSPORTE COLABORATIVO NA CADEIA DE SUPRIMENTOS

A exploração do conceito de colaboração no contexto de cadeia de suprimentos se deu por Mentzer, Foggini e Golicic (2000), ao

realizarem entrevistas com executivos do ramo encontrando a definição para colaboração em cadeias de suprimento como sendo o envolvimento de todas as companhias atuantes na mesma cadeia, trabalhando em conjunto em busca de objetivos comuns. Na definição de Morash e Clinton (1998) a colaboração na cadeia de suprimentos inclui integração comportamental, comunicativa e fluxos interativos. Assim, para Esper e Williams (2003), colaboração em cadeias de suprimento refere-se à integração entre as entidades da cadeia de suprimentos que permitem soluções do tipo ganha-ganha nos processos de trocas existente nesta cadeia.

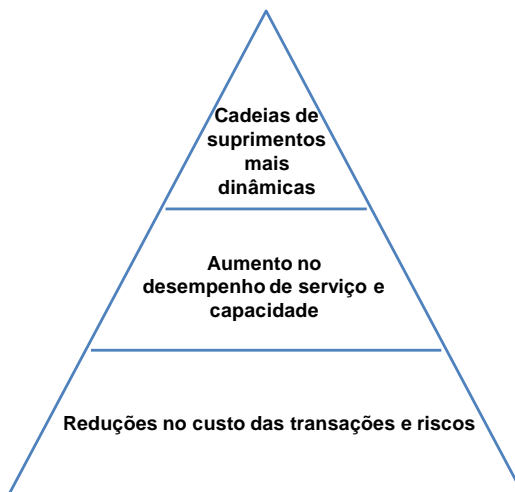
Deste modo, diversos são os fatores que podem impulsionar as empresas a implementarem o Transporte Colaborativo. Para Esper e Williams (2003) em geral as empresas o implementam por dois motivos principais:

- a) forças externas que guiam o mercado, tais como competição e tendência atual e;
- b) intenções estratégicas individuais da empresa, tais como desejo de compartilhar riscos, recursos do grupo e aumento da utilização dos recursos.

As tendências dos negócios tal como a customização em massa e o *e-commerce* estão forçando os produtores e varejistas a encurtar os ciclos de planejamento, re-planejar e realocar os recursos, o que envolve fluxos de informação e processos entre fornecedores, clientes colaboradores e carregadores para prover um carregamento e entrega efetivos e eficientes.

Comenta-se que o transporte se tornou uma oportunidade crítica a estes problemas e que, se gerenciados colaborativamente, podem eliminar ineficiências nos custos e serviços, proporcionando competitividade às empresas que hoje constantemente se envolvem nos negócios do mercado. Algumas das tendências já perceptíveis pelas empresas que colaboram na atividade transporte são apresentadas na Figura 6.

Figura 6 - Tendências perceptíveis com o uso do CTM



Fonte: do autor.

Estes resultados provenientes da abordagem colaborativa à gestão de transportes são alcançados primeiramente com a *expertise* operacional e o uso efetivo da TI, a qual permite que os processos entre as empresas participantes ocorram em tempo real, automatizados e rentáveis.

Sistemas de Transporte Colaborativo provêm visibilidade do estado do carregamento, facilitando a gestão do serviço do transportador, permitindo-o agir proativamente e assim, essa sistemática permite economias nas taxas de fretes, reduções nos custos de recursos humanos e melhoria no serviço para os clientes:

1. *Custo de transporte*: um importante indicador do valor do Transporte Colaborativo é a habilidade de reduzir os custos do transporte durante o planejamento, otimização e atualizações contínuas do estado do carregamento. Métricas típicas como custo por metro cúbico e custo por peso permitem ao transportador comparar os processos colaborativos contra os *benchmarking* históricos. Para garantir a eficácia do processo o transportador utiliza-se do correto carregamento para entregar a mercadoria no tempo certo, mantendo as negociações colaborativas. Estes

- processos provêm economias tanto para o expedidor (indústria ou transitário) como para o transportador.
2. *Performance “on-time”*: se a entrega do produto é feita de um modo menos dispendioso porém faz com que o produto chegue atrasado, o custo de oportunidade de uma venda e a insatisfação de cliente superam largamente as economias obtidas no custo de transporte. Outra vantagem da *performance on-time*, apesar da dificuldade de quantificá-la em termos financeiros, é que permite melhorar a programação, as atualizações por parte do expedidor com relação ao estado da carga e, o planejamento de carregamento também provendo valor no CTM.
 3. *Utilização dos recursos*: Os conceitos de Transporte Colaborativo são especialmente aplicáveis aos expedidores ou frotas privadas que atendem uma área geográfica particular. Um exemplo a ser citado é o de um armador que “aluga” um contêiner a uma dada empresa X e esta, atuando em colaboração com a empresa Y resolve dividir os gastos envolvidos com o frete, diluindo, assim, o valor remunerado por cada empresa ao armador. O aumento e a melhoria na utilização dos recursos garantem uma melhoria na gestão dos custos fixos e variáveis.
 4. *Custos administrativos*: quando quantificados, a metodologia do Transporte Colaborativo demonstra reduzir o tempo administrativo de execução das atividades de transporte e assim, o potencial para o atraso das entregas é minimizado e, conseqüentemente, também os custos advindos desse processo.

Uma vez que o Transporte Colaborativo considera a troca de informação em tempo real através de sistemas de informação, melhora as operações e eficiências de todos os agentes envolvidos, permitindo obter visibilidade de toda cadeia de suprimentos e gerenciamento com maior eficácia. Com o advento da *internet* e da comunicação eletrônica as empresas tornaram-se mais receptivas quanto aos seus clientes e, para sobreviver num ambiente de competição global e outras pressões ambientais as empresas estão formando alianças e parcerias estratégicas. Tais relações estão se formando para buscar o aumento da eficiência das cadeias de suprimentos e dos processos administrativos, para prover um maior alcance dos serviços integrados (através dos esforços de longo prazo colaborativos), como no caso do CPFR e Transporte Colaborativo.

Sanches (2009) apresenta um quadro resumido com os principais benefícios da colaboração apresentados por diversos autores, conforme a Tabela 6.

Tabela 6 - Benefícios da colaboração

Autores	Benefícios
Simutupang; Sridharan, 2005	<ul style="list-style-type: none"> • receitas mais altas <ul style="list-style-type: none"> — aumento de vendas — menos descontos — menor falta de produtos — tempo de resposta menor • custos menores <ul style="list-style-type: none"> — menores custos operacionais — maior giro do estoque — menores estoques — programa de produção mais ajustado
Sahin e Robinson (2002)	<ul style="list-style-type: none"> • economias podem chegar a 35% do custo total do sistema
Tummala <i>et al.</i> (2006)	<ul style="list-style-type: none"> • redução de custos operacionais <ul style="list-style-type: none"> • melhoria nos estoques • redução dos <i>lead times</i> • melhoria da flexibilidade • aumento da satisfação do cliente.
Corsten e Kumar (2005)	<ul style="list-style-type: none"> • ganhos para o varejista • ganhos para os fornecedores
Daugherty <i>et al.</i> (2006)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ melhoria do nível de serviço.
Cheung e Lee (2002)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ benefícios obtidos na área de transportes

Fonte: Sanches (2009).

Apesar da colaboração entre empresas apresentar diversos benefícios, Mouritsen, Skott-Larsen e Kotzab (2003) acreditam ser um risco colocar a colaboração como parte fundamental da gestão da cadeia de suprimentos, devendo, portanto ser analisado inicialmente o contexto

em que se situa a empresa e qual a maneira mais adequada de colaboração a ser adotada.

De acordo com o levantamento bibliográfico realizado, tais abordagens supracitadas ainda são pouco difundidas internacionalmente e mesmo no Brasil, porém apresentando forte potencial de exploração, tanto conceitual quanto prática, frente aos atuais problemas logísticos existentes nos sistemas.

3.4 FORMAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE COLABORATIVO

Pesquisas apontam que o transporte mundial de carga vazia é da ordem de 20 a 30% sobre a movimentação geral de cargas e a taxa de utilização média dos espaços é de 60% da capacidade. No caso dos contêineres vazios que circulam pelos portos brasileiros o valor se aproxima dos 40%. Para estes problemas de cargas parciais (LTL - *less than truckload*), os transportadores de alguns países desenvolvidos têm buscado alternativas de solução com o uso de sistemas eletrônicos de troca de frete.

Os sistemas de troca de frete permitem a oportunidade de realização de troca de requerimentos (fretes) individuais com outros transportadores de modo a obter reduções nas viagens “vazias” e aumentar a utilização da capacidade de carregamento, gerando significativa economia de custos para os transportadores.

De acordo com Bierwirth *et al.* (2002) a opção por utilizar o mercado eletrônico tem sido apontada como uma solução para tais problemas do setor de transportes. Estes sistemas, já populares, atuam como “mercados” ofertando transportadores individuais, clientes e despachantes que pretendem adquirir ou vender carga. Outra opção para este tipo de problema é a cooperação.

Através do sistema de cooperação as empresas trocam informação de planejamento a curto prazo e os requerimentos de fretes dos clientes, eletronicamente. O termo colaboração refere-se a essa união de planejamento dos participantes (Bloss e Kopfer, 2009).

O modelo operacional de colaboração no transporte é também dita como um “mercado”. A diferença principal em relação ao sistema

de troca de frete reside na instalação do sistema e objetivos. Sistemas de troca de frete têm por finalidade permitir as transações entre os participantes individuais enquanto que na operacionalização da colaboração no transporte a intenção é buscar a “solução ótima global” considerando a situação de planejamento de todos os participantes.

A colaboração operacional do transporte é organizacionalmente incorporada como uma cooperativa que estabelece regras para a troca de informação, pedidos de fretes e pagamentos, criando segurança e confiança entre os participantes.

No próximo item será apresentado de maneira sucinta o processo de tomada de decisão de cada colaborador, ao optar por ingressar ou não em uma rede colaborativa.

3.4.1 Processo de tomada de decisão estratégica de cada colaborador

O processo genérico de tomada de decisão se inicia com a descoberta do problema de tomada de decisão, ou seja, um desafio para as operações futuras de negócios tal como operações de sucesso a longo prazo no mercado de transporte ao ingressar no sistema colaborativo (Bloos e Kopfer, 2009).

Pesquisas sobre sistemas operacionais de transporte colaborativo e alianças estratégicas identificam vários fatores para se estabelecer uma cooperação. O aumento da competição demonstra ser o principal fator no setor de transportes. Com a alta competição os transportadores e clientes deste serviço são forçados a reduzirem seus custos no intuito de oferecerem preços competitivos e assim, Townsend (2003) agrupa os motivos em duas principais categorias: motivos internos da empresa e fatores ambientais. Os motivos internos da empresa são ainda divididos em categorias de mercado, produtos, recursos, conhecimento e riscos de transações.

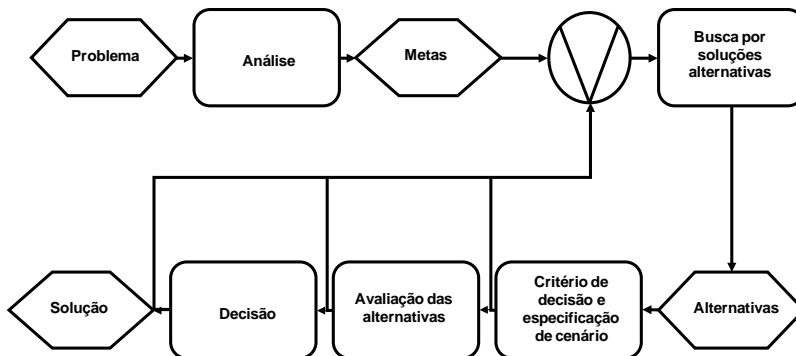
Motivos relacionados ao mercado incluem chances de ingressar em um novo mercado ou proteger a posição da empresa já alcançada no mercado. Os transportadores devem se esforçar para alcançar expansão geográfica através da cooperação com os demais transportadores de diferentes mercados geográficos, de modo a oferecer transporte nestas regiões com preços competitivos. Quanto aos motivos relacionados aos

produtos, através da colaboração as empresas podem atender as lacunas existentes e ampliar suas linhas de produtos.

O aprendizado organizacional também é identificado como um dos motivos para a realização da colaboração. Através dele é possível criar confiança entre os participantes, compreendendo o mecanismo e as realocações de requerimentos resultantes da parceria. Confiança e conhecimento do sistema pode também levar à redução dos riscos das transações. Os riscos de transações em termos do sistema colaborativo no transporte residem no não-cumprimento dos requerimentos (frete) transferidos ou falhas para cumprir com os mesmos (como janelas de tempo).

De acordo com Bloss e Kopfer (2009) ingressar na operacionalização de colaboração no transporte implica na troca de dados dos clientes o que pode ser uma operação muito ‘delicada’. Para o processo de decisão isto significa que uma das metas pode estar relacionada ao mais alto nível de proteção das informações e conhecimento dos transportadores (ver Figura 7).

Figura 7 - Esquema do processo estratégico de tomada de decisão



Fonte: Bloss e Kopfer (2009).

Se as metas são conhecidas, inicia-se a busca por soluções alternativas, levando a uma lista de soluções existentes e disponíveis. Após listar as alternativas, uma especificação precisa ser realizada de como o alcance da meta pode ser mensurado.

Considerando um ambiente dinâmico, mudanças e riscos podem ocorrer frequentemente. A realização de mudanças e riscos dentro de um processo decisório pode requerer um ajuste das metas e o procedimento deixa a formulação das metas quantitativas e especificação das metas qualitativas para o último momento possível. Ao mesmo tempo, cenários para estados futuros alternativos devem ser feitos. Baseado no critério de decisão e cenários alternativos as soluções alternativas podem ser avaliadas o que leva finalmente à decisão e realização da solução preferida.

Usando os modelos existentes de operacionalização de transporte colaborativo, os autores supracitados sugerem uma divisão do problema de tomada de decisão sobre o “*design*” do sistema em três subproblemas paralelos.

O primeiro subproblema relata o escopo da colaboração o qual especifica os participantes, a duração da parceria e a possibilidade de aceitar novos participantes posteriormente, por exemplo. Nesta etapa se analisam diversos cenários de atuação considerando estabilidade, robustez do comportamento estratégico e sua avaliação é especificada. A decisão então leva à preferência de um dos cenários como solução do subproblema.

O segundo e terceiro subproblemas são resolvidos de maneira similar onde o segundo subproblema tenta encontrar um bom mecanismo para realocar os requerimentos dos clientes. Mecanismos alternativos incluem o leilão de Vickrey⁶. O terceiro subproblema compara diferentes esquemas de repartição de lucros como o valor de Shapley⁷ ou subsídios aos participantes da colaboração.

⁶ Também conhecido como leilão do segundo preço. É uma espécie de leilão fechado em que os bens ou serviços são vendidos ao licitante que propôs o maior montante, mas pelo segundo valor mais alto proposto.

⁷ Um dos principais conceitos de valor foi proposto por Shapley (1953), sobre o qual já foram desenvolvidos diversos aperfeiçoamentos para ajustar esses conceitos aos mais diferentes “jogos” da vida real. O valor representa a divisão do resultado do jogo entre os diferentes jogadores que compõem uma coalizão. O paradigma para se definir a divisão é que ela esteja diretamente associada ao poder dos diferentes jogadores, sendo o poder de um jogador medido pela sua contribuição potencial na coalizão com os demais jogadores (Bezerra *et al.*, 2009).

Soluções individuais dos subproblemas podem influenciar os outros e assim sendo precisam ser combinados cuidadosamente. Por exemplo: se a solução do primeiro subproblema for boa para dois transportadores, isto não significa que será uma boa solução para o segundo problema. Também a solução do terceiro problema (repartição dos lucros) influenciará o comportamento dos participantes e estas mudanças podem levar a resultados alterados em relação à eficiência de certos mecanismos. A resolução do problema gera como uma possível solução a oferta de um modelo operacional de transporte colaborativo ao mercado.

Esta oferta é uma das soluções alternativas consideradas por cada participante, onde foram analisados critérios qualitativos e também quantitativos como situações de custos. A participação de cada integrante pode variar de um período de planejamento a outro, uma vez que sempre envolve decisões operacionais autônomas de quantidades de fretes a ofertar aos participantes e quanto absorver deles.

No próximo subitem serão, mais detalhadamente, apresentados alguns modelos operacionais de transporte colaborativo encontrados na literatura.

3.4.2 Modelos operacionais de transporte colaborativo

Pode-se afirmar que o modelo operacional de transporte colaborativo é estabelecido entre diversos transportadores do mercado que cooperam na elaboração do planejamento operacional (Bloss e Kopfer, 2009). Estes transportadores sejam eles rodoviários, ferroviários, aéreos ou aquaviários, por exemplo, recebem os requerimentos de transporte (pedidos de fretes) por parte de seus clientes, a curto prazo, e então planejam a execução dos mesmos através da resolução do problema de roteamento de veículos (*VRP - Vehicle Routing Problem*).

Para os autores supracitados o planejamento das rotas dos transportadores está sujeito à restrições tal como a capacidade de carregamento de um navio. No momento da elaboração do planejamento o planejador deve ser capaz de identificar os requerimentos que se planejados conforme aquelas restrições aumentam significativamente os custos operacionais dos transportadores.

A idéia da operacionalização da colaboração no transporte é que alguns ou todos os requerimentos que forem identificados como inadequados sejam submetidos a uma central na qual outros transportadores possam adquirir os requerimentos e, realizá-los em nome do transportador submitente. No mesmo momento, o transportador submitente tem a chance de adquirir requerimentos daquela central de modo a aumentar a rentabilidade de seus “*tours*” existentes através da melhoria na utilização do transporte e aumento da receita.

O propósito dessa realocação dos requerimentos de frete na operacionalização do transporte colaborativo pode ser descrito como um nivelamento da capacidade entre os transportadores participantes, com o objetivo global de gerar custo mínimo de alocação dos requerimentos por parte dos clientes aos transportadores.

No trabalho de Krajewska e Kopfer (2006) o processo de colaboração pode ser descrito como um processo de três etapas, conforme a Figura 8.

Figura 8 - Etapas do processo de transporte colaborativo



Fonte: adaptado de Krajewska e Kopfer (2006).

Na fase de pré-processamento cada colaborador especifica os custos de se realizar o planejamento com ou sem o atendimento de respectivo requisito. Estes custos são avaliados para a execução do requerimento com o uso de recursos próprios disponíveis, ou através da subcontratação e assim, a opção que proporcionar custo inferior é escolhida.

Em consonância com a definição, o principal pressuposto para a colaboração dos expedidores é que os pedidos adquiridos por um parceiro são permitidos de serem atendidos por outro parceiro colaborativo se o ganho coletivo aumentar.

Na fase de otimização de lucro objetiva-se gerar um mapeamento dos pedidos dos parceiros. Esse mapeamento representa a atribuição de

pedidos para os parceiros disponíveis, de modo que o lucro de toda a cooperação seja maximizado. Nesta etapa cada participante define os grupos de pedidos que é capaz e deseja atender.

A próxima etapa que surge é a de definição do modo de atribuir o benefício comum entre os sócios individuais de maneira justa. A definição de colaboração determina que todos os expedidores devem obter um lucro mínimo tal como obteriam caso não atuassem em colaboração, caso contrário, eles devem ser compensados. Na fase de repartição dos lucros, a otimização dos lucros, bem como, a repartição do lucro resultante dos pagamentos das trocas de fretes são determinadas e o benefício monetário da colaboração é dividido entre os participantes. A divisão corresponde ao benefício que cada participante oferece à colaboração e seu cálculo é baseado em índices de vantagem colaborativa.

Gomber *et al.* (1997) apresentam um modelo de colaboração para planejamento de transporte conveniente para agências expedidoras de frete com vários centros de recompensa. Estes centros devem ser autônomos na aquisição dos pedidos e negociações dos preços para a execução dos pedidos dos clientes. Estes centros podem atender aos pedidos com sua própria frota de veículos ou encaminhar o pedido para os demais centros com base na sua estrutura de cooperação.

Assim, de acordo com os autores supracitados, os tipos de modelo de cooperação podem variar dependendo das características dos pedidos e, a coordenação dos mecanismos para colaboração deve conhecer as seguintes condições:

- uma eficiente alocação dos pedidos entre os centros de recompensa;
- nenhum planejamento estratégico isolado, isto é, para cada centro de recompensa é rentável anunciar sua verdadeira avaliação;
- os pedidos que geram perdas devem também ser despachados otimamente;
- os custos de comunicação devem ser aceitáveis.

Kopfer e Pankratz (1999) definem um sistema de grupagem como um sistema interorganizacional logístico o qual troca informações e gerencia o balanceamento da capacidade utilizando da cooperação entre várias e independentes transportadoras.

Os sistemas de grupagem permitem um intercâmbio entre os pedidos de várias empresas para alcançar um equilíbrio entre os recursos demandados e os disponíveis para transporte. O aumento do número de requerimentos (pedidos de frete) disponíveis para cada fretador individual resulta em economia de escala e assim, economias de escopo são criadas devido à melhor utilização da capacidade. Num primeiro estágio cada fretador planeja os requerimentos (pedidos) pela incorporação do próprio atendimento ou da subcontratação. Somente a partir daí é que a troca de pedidos entre os agentes (expedidores) é possível.

Outro modelo para a colaboração de fretes entre transportadores foi proposto por Schönberger (2005). Os requerimentos (pedidos de frete) são negociados entre as entidades expedidoras de frete. No caso de atendimento de um pedido através do expedidor colaborativo, as receitas totais correspondentes são simultaneamente trocadas entre os participantes colaboradores. Para os pedidos que permanecem sem atendimento, um serviço de transporte externo é contratado, isto é, os pedidos são subcontratados no mercado *spot*⁸. A principal hipótese de Schönberger (2005) é que a incorporação do serviço de transporte no mercado à vista é inútil, porque o custo para cada solicitação é maior do que as receitas associadas com o pedido. Nestes casos, a soma dos custos externos com transportadores é distribuída uniformemente entre os participantes da cooperação. Com o uso de um algoritmo memético⁹, que combina procedimentos de busca genética e de busca local, é provado que a cooperação é capaz de incorporar significativamente mais pedidos, contribuindo para aumentar o lucro global.

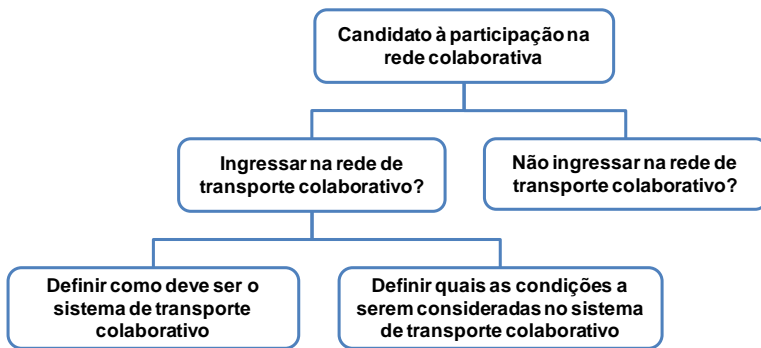
Para Bloos e Kopfer (2009) o problema da tomada de decisão aumenta quando as discrepâncias entre as metas e atuais *performances*

⁸ O termo mercado *spot*, (*spot market*), mercado à vista ou mercado a contado, é um termo genérico usado para designar mercados onde se negociam ativos para entrega imediata, em contraste com os mercados onde se negociam ativos para entrega futura, designados por mercado à prazo.

⁹ *Algoritmos Genéticos* híbridos utilizam operadores de busca local para fazer com que indivíduos da população evoluam autonomamente (ou seja, sem sofrer mutações ou recombinações com outros indivíduos) para ótimos locais. Uma generalização dessa idéia se deu através da criação do termo Algoritmo Memético (*AM*) onde é previsto que indivíduos possam evoluir autonomamente acrescentando unidades de informação cultural (*memes*).

são descobertas ou quando uma nova possibilidade para uma melhor *performance* nas metas existentes é descoberta. Assim, para os autores, o processo de operacionalização do transporte colaborativo pode ser descrito como dois problemas separados de tomada de decisão. A decisão de cada participante é se deve ou não ingressar em um sistema de colaboração de transporte e, caso ingresse, qual deve ser o sistema e quais as condições que devem ser consideradas na negociação. Ver Figura 9. A decisão sobre o “*design*” e ajustes da rede colaborativa deve ser realizada pelos potenciais colaboradores de tais sistemas e também devem ser levadas em conta decisões de longo prazo, na maior parte, decisões estratégicas.

Figura 9 - Problemas de tomada de decisão em uma rede de transporte colaborativo



Fonte: adaptado de Bloos e Kopfer (2009).

Para Grünig e Kuhn (2005) existem duas principais categorias de procedimentos de decisão: uma analítica e outra heurística. Comum aos dois procedimentos, o processo de decisão tem por objetivo resolver um problema existente através da seleção da alternativa que melhore ou pelo menos mantenha a situação corrente.

Um dos primeiros trabalhos nacionais onde se percebe implicitamente a temática de transporte colaborativo, é o de Carnieri *et al.* (1983). Nele, analisa-se a viabilidade da implantação de uma central representante das cooperativas no estado do Paraná, que vise a minimização do custo de transporte de soja. Cada cooperativa informa à central o destino e volume de soja que precisa entregar nos próximos dias e também o custo de transporte por tonelada para cada um dos lugares de destino da soja. A central faz a otimização do sistema e os

cálculos necessários para a distribuição da economia, distribuindo-o aos cooperados. O lucro de implementar o programa deve ser distribuído entre as cooperativas proporcionalmente ao volume de venda de cada uma delas. O problema é modelado como sendo de Programação Linear, de maneira bem simples e propondo uma redução de 15,19% nos gastos com frete. Devido sua simplicidade o modelo não contempla restrições importantes como prazos, rotas e capacidade de transporte, dentre outras.

Tacla (2003) desenvolve uma metodologia para o transporte colaborativo de soja e fertilizante, capaz de conciliar e flexibilizar as restrições impostas pelas janelas de tempo, de modo a interferir nos 3 níveis de decisão, minimizando gastos em frete. No nível estratégico determina o posicionamento dos estoques e seqüência de movimentação de estoques para atender as necessidades das empresas envolvidas, A e B, determinando os locais e momento de entrega da mercadoria. No nível tático determina as rotas possíveis de conjugação e, aquelas que poderão se tornar conjugáveis se houver concordância, enquanto que no nível operacional trata da execução, propriamente dita, da conjugação das cargas. Utiliza-se da modelagem matemática e do *solver* CPLEX do GAMS 2.50® (*General Algebraic Modeling System*) e, para o nível operacional desenvolve uma heurística resolvida no Excel® sugerindo um problema de Programação Linear.

Um fato interessante que chama atenção em sua abordagem é a inclusão de um mecanismo de compensação ao cliente, ao permitir alterações em suas datas (sejam de expedição ou de recebimento de carga), através de: reembolso por custos adicionais de armazenagem, descontos nos preços de venda, prazos diferenciados para pagamentos, linhas especiais de crédito, bônus em próximas compras. A pesquisa foi aplicada a dados fornecidos pelo IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, referente a 450 mil viagens realizadas no estado do Rio Grande do Sul, de soja e fertilizantes, chegando a um resultado satisfatório com uma economia de 3,86% na conta-frete global do sistema de transporte, o que equivale a US\$ 7.112.106,00.

O trabalho de Giesen *et al.* (2007) tem como cenário um frota heterogênea de navios que deve transportar múltiplos produtos desde um conjunto de portos, onde se localizam os pontos de produção, por exemplo refinarias, a um conjunto de portos onde se localizam os pontos

de consumo de distintos clientes, por exemplo reservatórios. Inicialmente é estabelecido o número de visitas requeridas em cada porto e as janelas de tempo associadas a cada uma delas. Em seguida se formula um problema de programação inteira mista (MIP - *Mixed-Integer Programming*) que permite determinar a rota e programação de navios, assim como a alocação de produtos aos compartimentos dos navios. A função objetivo procura minimizar a soma dos custos totais de transporte, custos de carga e descarga, encargos de desembarque e serviço a navios em cada porto, penalidades por quebras de inventário e violações no nível de estoque de segurança no horizonte de planejamento e ao final do horizonte de planejamento. Devido o MIP proposto não poder ser resolvido em tempo razoável, propôs-se uma heurística.

Novaes *et al.* (2009) analisam um problema simples de roteamento urbano sujeito a congestionamentos, utilizando-se dos conceitos da Análise Seqüencial. O estudo compreende um depósito e uma frota homogênea de veículos que atendem certa região urbana. Cada veículo é atribuído a um distrito, deixando o depósito pela manhã, atendendo aos pedidos (tarefas) a ele atribuídos, retornando ao final do dia ao depósito. Sob o ponto de vista estático, as tarefas não atendidas serão postergadas para o dia seguinte. Do ponto de vista dinâmico, parte do serviço planejado é direcionada para outros agentes (veículos) quando o sistema determinar a necessidade, evitando que tarefas deixem de ser realizadas. Adotando estratégias dinâmicas conseguem um bom resultado como o aumento do número de visitas por viagem por veículo e a redução do tempo de ciclo.

A decisão de participação na operacionalização do transporte colaborativo e a decisão do “*design*” do sistema colaborativo podem ser baseadas em grande parte em dados quantitativos como rendimentos esperados ou eficiência do mecanismo de alocação. O decisor sempre fará considerações qualitativas com relação à confiança nos parceiros e a segurança dos dados dos clientes antes de concordar com um sistema colaborativo (Townsend, 2003).

No intuito de dar continuidade ao trabalho será apresentado no capítulo seguinte um panorama do processo de exportação de produtos manufaturados que necessitam ser transportados através do modal aquaviário; processo este que será investigado nesta tese.

4.EXPORTAÇÃO DE PRODUTOS MANUFATURADOS

O comércio exterior de bens e serviços é instrumento de força e fator estratégico na sustentação do crescimento da economia e do desenvolvimento social (Moreira, 2009).

4.1 INTRODUÇÃO

Na definição de Gaither (2001) produto manufaturado é aquele resultante de um processo de produção em série padronizada, por meio de máquinas, ferramentas e trabalho, comumente tratado também como produto industrializado.

Para a CEPAL - Comissão Econômica para América Latina e Caribe, os itens exportáveis são classificados em:

1. *Produtos manufaturados*, agrupados em três categorias:
 - Insumos básicos (produtos da indústria siderúrgica e outros de grau similar de elaboração a partir de matérias-primas);
 - Tradicionais (indústrias que tiveram implantação e desenvolvimento no início da industrialização, como couro, têxteis e calçados);
 - Produtos não tradicionais (indústrias que surgiram em fases mais avançadas da industrialização, compreendendo vários tipos de produtos, com variadas intensidades de trabalho e capital nos processos produtivos e também no seu conteúdo tecnológico).
2. *Produtos básicos*: compreendem os produtos sem elaboração ou, ainda, os que envolvam um primeiro e básico grau de elaboração antes do comércio. Incluem, entre outros, alimentos e bebidas como café, matérias-primas agrícolas, combustíveis e minerais não combustíveis.
3. *Semi-elaborados*: incluem produtos agrícolas semi-elaborados, minerais semi-elaborados (como metais e produtos químicos) e derivados do petróleo.

Existem diversas maneiras de categorizar os produtos. Um método utilizado (baseado em Pavitt, 1984) é distinguir entre os

recursos utilizados, a intensidade de trabalho, intensidade de escala e a ciência aplicada à manufatura. O OECD - *Organisation for Economic Co-operation and Development* (1994) sugere outra classificação baseada na atividade de tecnologia dentro de cada categoria, onde se aplica um indicador de tecnologia aos produtos. A Tabela 7 combina os dois métodos e estende-se ao considerar grupos de produtos de interesse específico de exportação para o mundo em desenvolvimento:

Tabela 7 - Exemplo de produtos manufaturados

Categoria	Produtos
Manufatura baseada em recursos naturais	Bebidas, preparados de frutas e carnes, azeites vegetais, vidro, pedras preciosas, cimento
Manufatura de baixa tecnologia	Têxteis, roupas, calçados, móveis, cerâmica, manufaturas de couro, estruturas simples de metal
Manufatura de tecnologia média	Veículos de passageiros, motocicletas, fibras sintéticas, químicos, tintas, fertilizantes, plásticos, tubos, motores, máquinas industriais, bombas, barcos, relógios
Manufatura de alta tecnologia	Máquinas de processamento de dados, de telecomunicação, televisão, equipamentos geradores de energia, turbina, artigos farmacêuticos, aviões, instrumentos óticos e de precisão, câmera fotográfica

Fonte: Sanjaya (2000).

Pode ainda haver uma subdivisão dos produtos manufaturados para explicitar sua dinamicidade (Benavente, 2002). Segundo este autor, há uma razoável associação entre a agregação do produto manufaturado e a sua dinamicidade no comércio. Insumos básicos tendem a ser pouco dinâmicos; os tradicionais, entre pouco dinâmicos e dinâmicos; e os não-tradicionais, com maior frequência, tendem a ser dinâmicos.

No Brasil o comércio exterior tem sido pouco utilizado como fator pró-ativo da estratégia do desenvolvimento. Nos últimos 50 anos a

política para o setor tem sido mera caudatária da economia mundial, quando não apenas ferramenta para ajustes internos e/ou externos. Definir o que fazer para expandir a exportação de manufaturados é tarefa fácil e óbvia, o difícil é implementar as medidas adequadas diante dessa visão passiva e caudatária. Porém alguns estudos a respeito, mesmo que incipientes, tem buscado propor uma solução para esta questão.

Um exemplo é o caso da INAE - Instituto Nacional de Altos Estudos, que sugere a necessidade da apreciação de três questões principais:

- a) saber a estrutura da demanda mundial e a posição do Brasil;
- b) definir o conceito de manufaturado nas estatísticas de comércio exterior do Governo e a meta a ser alcançada vis-a-vis à demanda mundial;
- c) identificar as barreiras externas via protecionismo, com ou sem crise mundial, e as barreiras internas à produção e à exportação a serem superadas.

No intuito de buscar conhecimento a esse respeito, este capítulo apresentará o cenário do setor manufatureiro brasileiro, incluindo volumes e cifras movimentadas, bem como outros fatores de relevância como barreiras à expansão de suas exportações e a apresentação do mecanismo da realização da exportação de produtos manufaturados utilizando-se do transporte marítimo (foco desta tese).

4.2 PANORAMA DA DEMANDA MUNDIAL

Nos últimos anos, a participação da América Latina na exportação mundial tem se mantido praticamente constante próximo a 3,8%, enquanto a importação se mantém em aproximadamente 3,6%. Tais valores são muito baixos se comparados com dados europeus e asiáticos que participam com 42% e 27% respectivamente, nas exportações e com 42% e 27% respectivamente, nas importações mundiais (ver Tabela 8).

Tabela 8 - Comércio mundial de mercadorias (participação em %)

Região	2007		2008		2009	
	Export.	Import.	Export.	Import.	Export.	Import.
Mundo	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
América do Norte	13,6	19,4	13,0	18,1	13,2	17,5
América do Sul e Central	3,7	3,3	3,8	3,7	3,8	3,6
Europa	42,4	43,4	41,0	42,3	41,2	41,6
Ásia	27,9	25,3	27,7	26,4	29,4	27,4
Demais	12,4	8,6	14,5	9,5	12,4	9,9

Fonte: Base de dados estatísticos da OMC.

Em relação à distribuição setorial das exportações mundiais no ano de 2007, preponderam os produtos de maior valor agregado - máquinas, equipamentos de telecomunicações, de transportes, etc. - com participação de 35,5% do valor. As vendas brasileiras, porém, representaram apenas 0,7%, conforme ilustra a Tabela 9.

Tabela 9 - Exportação por setores 2007

Setores	Mundo		Brasil			US\$ bilhões	
	Valor	Part. %	Valor	Part. %	Part. Mundo %	Var.% 2007/2006	
						Mundo	Brasil
TOTAL	13.950,0	100,0	160,6	100,0	1,2	15,2	16,6
Produtos agrícolas	1.127,7	8,1	48,2	30,0	4,3	19,5	22,0
- Alimentos	913,0	6,5	42,1	26,2	4,6	20,8	22,6
- Combustíveis e produtos minerais	2.658,6	19,1	32,2	20,0	1,2	14,9	21,7
. Combustíveis	2.038,4	14,6	13,3	8,3	0,7	13,3	25,6
Manufaturas	9.499,5	68,1	75,8	47,2	0,8	15,0	10,8
- Ferro e aço	474,2	3,4	10,1	6,3	2,1	26,8	6,9
- Químicos e farmacêuticos	1.483,2	10,6	10,7	6,6	0,7	18,9	15,1
. Farmacêuticos	368,5	2,6	0,8	0,5	0,2	18,1	22,3
- Máquinas e equipamentos transportes	4.956,9	35,5	37,0	23,0	0,7	13,3	10,7
. Máq. escritório, equip. telecomunic.	1.514,3	10,9	3,0	1,8	0,2	3,8	-25,6
. Equip. eletrôn. processam. dados	540,5	3,9	0,4	0,3	0,1	4,2	-10,4
. Equipamentos de telecomunicação	560,4	4,0	2,4	1,5	0,4	2,2	-26,6
. Circuitos integrados/comp. eletrôníc.	413,5	3,0	0,1	0,1	0,0	5,6	-51,3
. Produtos automotivos	1.182,9	8,5	13,5	8,4	1,1	16,1	3,7
- Têxteis	238,1	1,7	1,4	0,9	0,6	9,2	6,1
- Vestuário	345,3	2,5	0,3	0,2	0,1	11,5	-7,2
Demais produtos	664,2	4,8	4,4	2,7	0,7	11,2	29,2

Fonte: Base de dados estatísticos da OMC.

Os dados mostram um conflito entre a realidade da demanda mundial e a pauta brasileira de exportação. O país, para aumentar a presença no fornecimento mundial de produtos manufaturados de maior valor agregado, terá que apoiar efetivamente o desenvolvimento de Pesquisa e Desenvolvimento; ampliar a industrialização dos produtos;

estimular investimentos na produção de bens de alta tecnologia; adotar política agressiva de exportação; e reduzir drasticamente os custos internos, condição determinante para eliminar o viés de instabilidade das contas externas.

De acordo com o MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio, no ano de 2009 os principais destinos das exportações brasileiras foram China, Estados Unidos, Argentina, Países Baixos e Alemanha. Este órgão apresenta as exportações nacionais através de duas classificações: fator agregado e categoria de uso. Os dados por fator agregado são classificados em produtos básicos e produtos industrializados, estes são subdivididos em semimanufaturados e manufaturados. Por categoria de uso, os dados são categorizados em bens de capital; bens de consumo; matérias-primas e produtos intermediários; combustíveis e lubrificantes e operações especiais.

Segundo a classificação por fator agregado, em 2007, 32,1% do valor exportado referiu-se a produtos básicos, - alimentos e matérias primas *in natura* -, enquanto 65,9% a produtos industrializados, isto é, que sofreram operação que modificou a natureza, o funcionamento, o acabamento, a apresentação, a finalidade do produto ou o aperfeiçoamento para consumo. Deste total, 52,3% foram de manufaturados, que tanto incluem máquina e equipamentos, como bens de consumo. Já no ano de 2008, devido à crise mundial, apenas 60,5% referiu-se a produtos industrializados, sendo que disso, somente 46,8% foi decorrente dos manufaturados. Nos anos seguintes, o total manufaturado exportado permaneceu baixo, resultante da crise (ver Tabela 10).

Tabela 10 - Evolução das exportações brasileiras, por fator agregado

Fator Agregado	Participação (%)									
	1995	2000	2002	2003	2006	2007	2008	2009	2010	2011(*)
Manufaturados	55	59	54,7	54,3	54,3	52,3	46,8	44,0	39,4	36,7
Operações especiais	1,8	2,7	2,4	1,8	2,2	2,0	2,6	2,1	2,0	2,2
Básicos	23,6	22,8	28,1	29	29,3	32,1	36,9	40,5	44,6	47,5
Semimanufaturados	19,6	15,5	14,8	14,9	14,2	13,6	13,7	13,4	14,0	13,6
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: MDIC/SECEX.

(*) Janeiro/Junho 2011

4.3 BARREIRAS AO CRESCIMENTO DA EXPORTAÇÃO DE PRODUTOS MANUFATURADOS

As barreiras ao crescimento da exportação ocorrem tanto externamente quanto internamente (Moreira, 2009). Em relação às barreiras externas destaca-se a transformação do protecionismo comercial tradicional, baseado em tarifas aduaneiras, para medidas não tarifárias, de difícil visualização e mensuração.

Algumas dessas medidas que limitam ou desestimulam a venda de produtos são: exigências de normatização técnica e de natureza tecnológica, restrições de natureza ambiental, normas sanitárias e fitossanitárias, acordos “voluntários”, modificações genéticas; subsídios diretos à produção via financiamentos especiais, garantias de preços ou de compras, fusões de empresas ou acordos interempresas, etc. Essas barreiras podem ser superadas ou contornadas, desde que se construa uma política de produção e exportação fortemente competitiva.

Em se tratando de barreiras internas pode-se dizer que estas são resultantes de visão deformada quanto à importância do comércio exterior de mercadorias e de serviços para a sustentação do crescimento econômico, como fator de aumento da oferta de empregos, indução de investimentos, e de estímulo à incorporação de novas tecnologias.

O Brasil se sustenta nas *commodities*, enquanto perde mercados para produtos manufaturados com maior valor agregado, principalmente para os concorrentes asiáticos, por falta de preços de competição, decorrentes de custos crescentes e taxa de câmbio decrescente, e de mecanismos específicos para sustentação das vendas em países com dificuldades conjunturais. É preciso uma política facilitadora dos mecanismos da exportação que contemple os custos, rotas e agentes envolvidos da melhor maneira possível.

No texto de Vieira (1996) é possível encontrar maior contribuição a essa abordagem. Em seu trabalho aponta uma contribuição ao setor de Transporte Multimodal desenvolvido por empresas exportadoras ao identificar as dificuldades e anseios individuais das mesmas. O trabalho de pesquisa foi elaborado com o emprego da Técnica de Preferência Declarada (*Stated Preference*), possibilitando identificar as variáveis mais influentes e que mais vão de encontro aos interesses individuais dos exportadores.

4.4 MECANISMO PARA REALIZAÇÃO DO TRANSPORTE MARÍTIMO NO CASO DA EXPORTAÇÃO

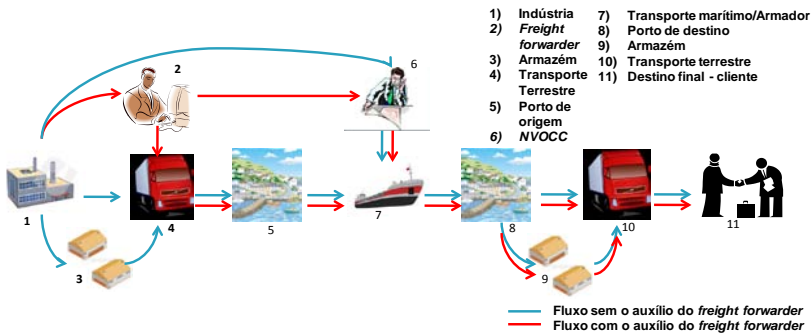
Ao decidir exportar uma empresa deve estar atenta às diversas etapas do processo, buscando conhecer seu mercado cliente, suas exigências, costumes e características. Também deve definir outros pontos: o modo de transporte da mercadoria, a embalagem apropriada ao produto de modo a conservar sua integridade, a forma de frete a ser adotada na negociação bem como a empresa que irá realizar o transporte propriamente dito, além de considerar ou não o auxílio de um agente intermediário (*freight forwarder*¹⁰) ou *NVOCC*¹¹ na negociação.

Considerando que a maior parte das exportações brasileiras se realiza através do modal aquaviário (82,20% no período de julho de 2001 a julho de 2011, segundo o Sistema Alice do MDIC) e que esta tese de doutorado tem por foco de estudo o modal aquaviário, somente será tratada a exportação via marítima a fim de não estender essa tese. A Figura 10 ilustra resumidamente as etapas do mecanismo de exportação.

¹⁰ São os agentes transitários ou agentes internacionais de carga (Vieira, 2002). Na definição da *Fédération Internationale des Associations de Transitaires et Assimilés* - FIATA (2004) designa a pessoa ou a empresa que conclui um contrato de *freight forwarding* com um cliente. Tal contrato refere-se aos serviços de qualquer tipo, relativos ao carregamento, consolidação, armazenagem, manuseio, embalagem ou distribuição das mercadorias, incluindo, mas não se limitando, a assuntos legais e fiscais. De acordo com a Associação Portuguesa dos Agentes Transitários - APAT, *apud* Henrich (1998), o *forwarder* é o agente de maior valia no comércio internacional. Ele faz o planejamento das necessidades de transporte das mercadorias dos seus clientes, importadores e exportadores, oferecendo a solução logística adequada a cada caso concreto.

¹¹ Os *NVOCC's* (*Non Vessel Operating Common Carrier*) são empresas de navegação que não possuem navios e utilizam espaços em navios de terceiros, emitindo seus próprios Conhecimentos de Embarque (Vieira, 2002). Eles compram espaços nos navios e os revendem (Long, 2003).

Figura 10 - Etapas do mecanismo de exportação



Fonte: Silva *et al.* (2011-a).

No transporte marítimo as empresas intervenientes mais importantes são o armador, agência marítima, NVOCC, transitário de carga, operador de transporte multimodal e *cargo broker*¹².

Quando da realização de uma venda ou compra deve-se estabelecer um ponto de entrega da mercadoria, aquele no qual se dividem as responsabilidades entre o vendedor e o comprador. Estas responsabilidades envolvem custos e riscos sobre a transação, sendo que o exportador e importador devem assumí-las até o ponto de entrega e a partir dele.

4.4.1 Negociação do transporte

Conforme apresentado por Silva *et al.* (2011-b), seguindo-se o fluxo em azul na Figura 10 a negociação se inicia através da indústria de manufatura (1) a qual pode atuar isoladamente sendo responsável por todos os arranjos através da cadeia de distribuição. Nesta situação a indústria manufatureira contrata o transportador terrestre (4) (no caso da indústria não possuir sua própria frota de caminhões) para transferir os produtos manufaturados da indústria ao porto. Há também a possibilidade ou, em muitos casos, a necessidade de primeiramente transferir os produtos manufaturados a um armazém (3) para manter um estoque que pode ser útil para resolver problemas de entregas rápidas ou

¹² Corretor de carga. Intermediário que faz a ligação do armador/agente marítimo com o embarcador, para reserva de espaço para carga.

para reter a carga até o momento em que todas as burocracias para exportar estão resolvidas.

A indústria também é responsável por escolher o porto de origem a ser utilizado e ao mesmo tempo ela deve negociar com os armadores (7) o preço do frete marítimo (efetuando a reserva de praça em navio convencional de linha regular¹³ ou até mesmo fazendo o afretamento de um navio no caso de um lote muito grande), optando por um deles para efetuar o transporte dos produtos manufaturados.

Diversas variáveis determinarão a forma como a mercadoria será transportada até o porto de embarque, dentre elas, o custo do transporte, o tempo de trânsito (*transit time*), prazo para a chegada do navio, prazo de entrega da carga (*dead-line*), a disponibilidade de armazém na fábrica e no local de embarque e seus custos.

É válido comentar que geralmente não se freta um navio deste tipo em razão do alto custo (na faixa de US\$ 50.000,00 a diária). Os fretes, no modal marítimo, podem ser cotados na base tonelada ou metro cúbico, sendo a sua paridade um por um, ou seja, paga-se por aquilo que for maior entre uma tonelada e um metro cúbico. Também podem ser cotados *lumpsum*, ou seja, sem nenhum adicional, podendo tanto ser definido por unidade de mercadoria como por unidade de transporte. Os fretes podem ser cotados como básicos, neste caso, comportando adicionais como taxas e sobretaxas.

Neste estágio é comum contratar um NVOCC (6). Este agente é responsável por gerenciar a demanda de diversas indústrias por transporte marítimo de modo a negociar diretamente com os armadores o preço do frete e a disponibilidade de navios aos destinos dos produtos manufaturados das indústrias.

No lado do destino há outra necessidade por parte das indústrias manufatureiras em relação à definição do porto de destino (8) a ser utilizado, que deve ser o mais apropriado de modo a entregar os produtos aos clientes (11). No Brasil, a distância média até os portos é de 250 km até 600 km no máximo, compatível com a preferência pelo

¹³ Linhas regulares de navegação são aquelas estabelecidas pelos armadores, cujos navios fazem sempre a mesma rota.

transporte rodoviário, Vieira e Motta (2008) *apud* Vieira e Santos (2008)).

Após a lei 8630/93 (Lei de Modernização dos Portos) os portos brasileiros passaram a apresentar uma concorrência nunca antes vista e hoje, os custos de embarque são bem menores e variáveis de porto para porto, e de terminal para terminal, de ponta a ponta do país. Essa concorrência tem beneficiado os embarcadores e consignatários que podem optar pelo porto ou terminal sem necessitar ficar fixo a um único operador portuário concessionário dos terminais, o que ocorria antes da lei de modernização dos portos, quando o operador era unicamente o Estado, através das Empresas Docas.

Dando seqüência no fluxo de exportação, para efetuar as entregas as indústrias manufatureiras devem também contratar transportadores terrestres (10) para transportar seus produtos a armazéns intermediários (9) ou aos destinos finais no país destino.

O fluxo em vermelho na Figura 10 é quase o mesmo que o fluxo azul exceto pelo fato que há a presença do *freight forwarder* (2). Neste caso a indústria manufatureira contrata este agente para ser o responsável por contratar e controlar todos os estágios da cadeia de distribuição. Esta é normalmente uma prática adotada por pequenas e médias indústrias que não possuem *expertise* em tal processo e portanto, o *freight forwarder*, quem gerencia a demanda de diversas indústrias por transporte marítimo, pode ser ágil na negociação.

Como uma consequência de um bom planejamento da logística de distribuição é possível: reduzir tempo e custos de estocagem, redução do tempo em curso e reduzir problemas na entrega para melhor atender aos contratos de vendas. Em relação aos custos há diversos estágios do processo de distribuição onde eles podem ser reduzidos. Um deles, que Stopford (2009) apresenta como uma chave influente na oferta e demanda do transporte marítimo é a definição do preço de frete.

É válido mencionar a prática real adotada pelos armadores quanto à formação de preços de fretes. Normalmente, os armadores definem em uma Conferência de Frete (*Freight Conference*) os preços a serem praticados nas linhas regulares do transporte marítimo. Em outras palavras, a conferência mantém um aparente monopólio completo nas negociações das rotas. Em tal situação se as indústrias manufatureiras

negociarem individualmente os preços de fretes com os armadores, elas não terão poder de barganha para obter melhores preços.

Este é o ponto onde a colaboração pode ser aplicada de modo a criar grupos de indústrias com o mesmo objetivo, negociando com os armadores no intuito enfraquecer o cartel criado por eles e obter economias de escala bem como outros benefícios como maior tempo para executar o pagamento do frete e, tempo (data) livre no carregamento (como informado em entrevistas à industriários brasileiros).

Como se pode perceber a logística é um processo permanente de escolhas, que não permite acomodação, e não segue um modelo padrão sendo que sua tentativa de construção poderá trazer problemas como a perda de competitividade (Keedi, 2007).

No ano de 1977 foi criado o consórcio UNEF - União dos Exportadores Nacionais de Frango, que tornou o Brasil o maior exportador de frango do mundo. A colaboração por parte dos integrantes da UNEF se deu também em função do transporte marítimo para a exportação da produção.

Os colaboradores, de posse da informação da produção e dos carregamentos dos demais colaboradores poderiam ajudar uns aos outros, pois a falha de um ou alguns era coberta por outros, com a devida compensação posterior.

Na negociação era preciso contemplar os congestionamentos portuários, uma vez que o sistema de transporte marítimo se constituía basicamente de navios convencionais, aqueles com *decks* e porões e que, com qualquer atraso, ainda que provocado por uma pequena e leve chuva, levaria a uma fila de navios no porto. Numa situação como essa se costuma transferir o navio de porto, à última hora, causando transtornos, despesas, atrasos, etc.

Escolher um novo porto ou alterar a rota de um navio não é uma tarefa simples. É necessário um estudo de todos os possíveis portos a serem utilizados, a capacidade dos mesmos, sua profundidade, o calado dos navios, os navios atracados e em processo de embarque, os que estão previstos para chegar ou que já aguardam atracação. Não é raro ocorrer de, à chegada de um desses navios, os mercantes terem de

dar a vez e aguardar pela desocupação de um novo berço para atracar e realizar embarque, pois esses têm a preferência de atracação.

4.4.2 Regras de negociação – condições de frete

Todos os países têm seu próprio conjunto de regras para este tipo de negociação, mas normalmente, para uso interno em seu próprio mercado doméstico (Keedi, 2007). Se cada país pretende utilizar suas regras nas operações externas, haverá uma grande variedade em uso, o que poderá significar problemas na execução do comércio exterior.

Para isso criou-se um conjunto de termos uniformes internacionais para facilitar o comércio, a fim de evitar problemas de entendimento. Esse conjunto foi criado pela CCI - Câmara de Comércio Internacional, sediada em Paris. A esse conjunto de termos do comércio exterior foi dado o nome de INCOTERMS - *International Commercial Terms*, cujo objetivo maior é administrar conflitos oriundos da interpretação de contratos internacionais firmados entre exportadores e importadores concernentes à transferência de mercadorias, às despesas decorrentes das transações e à responsabilidade sobre perdas e danos.

Esse conjunto de termos é oriundo dos vários usos e costumes de diversos países, e define o ponto de entrega da mercadoria nas vendas e compras, portanto, o local exato da divisão das responsabilidades entre as partes intervenientes de um contrato no comércio exterior, ou seja, direitos e obrigações de exportador e importador. Na Figura 11 são apresentados os 13 termos do INCOTERMS não sendo obrigatória sua utilização, porém atuante como um conjunto padronizado dos usos e costumes alfandegários utilizados na navegação mundial.

Figura 11 - Termos do INCOTERMS

EXW	FCA	FAS	FOB	CFR	CIF	CPT
<i>Ex-Works</i> - Na fábrica ou depósito do exportador	<i>FCA (Free Carrier - Livre no Transportador</i>	<i>Free Alongside Ship - Livre ao Lado do Navio</i>	<i>Free on Board - Livre a Bordo</i>	<i>Cost and Freight - Custo e Frete</i>	<i>Cost, Insurance and Freight - Custo, Seguro e Frete</i>	<i>Carriage Paid To - Transporte Pago Até</i>

CIP	DAF	DES	DEQ	DDU	DDP
<i>Carriage And Insurance Paid To - Transporte e Seguro Pagos</i>	<i>Delivered At Frontier - Entrega na Fronteira</i>	<i>Delivered Ex Ship - Entrega no Navio</i>	<i>Delivered Ex Quay - Entrega no Cais</i>	<i>Delivered Duty Unpaid - Entrega com Impostos não Pagos</i>	<i>Delivered Duty Paid - Entrega com Impostos Pagos</i>

Fonte: Keedi (2007).

No momento da elaboração do contrato entre exportador e importador deve ser optado por um dos termos supracitados, conforme a necessidade e exigência das partes envolvidas. As formas mais tradicionais de negociação são os contratos tipo CIF e tipo FOB.

4.4.3 Principais armadores atuantes no Brasil

Considerando que diversas são as origens das empresas armadoras presentes no Brasil, é preciso que as empresas exportadoras ou os agentes marítimos busquem armadores que tenham familiaridade com a burocracia e legislação dos pontos de origem e destino da mercadoria. Nestes casos, normalmente busca-se empresas armadoras de renome no mercado, que operem em linhas regulares de navegação (frequentes), com rotas já delimitadas, proporcionando ao exportador maior confiabilidade do serviço e possibilitando o rastreamento e controle da mercadoria.

Algumas das principais empresas armadoras atuantes no Brasil são: Hamburg Sud Brasil S.A. (braço no Brasil conhecido como Aliança Navegação e Logística Ltda.), APL, BBC Chartering, BM Shipping, China Shipping, Cia Libra, CMA CGM, Contship, Cosco Brasil Mar Ltda., Costa Container Line, CSAV, Hanjin Senator Lines do Brasil Ltda., Hapag Lloyd, Maersk Sealand, Marinav Agência Marítima Ltda. e MSC do Brasil. Destas, conforme dados do ano de 2008, destacam-se: Aliança Navegação, Maersk e MSC com *market share* de 19,2%, 15,8% e 15,4%, respectivamente (site da Revista Portuária).

O armador pode ou não operar com linhas regulares, sendo que a maioria deles opera com frequentes linhas, como por exemplo, na Figura 12.

Figura 12 - Linha regular de navegação Hamburg Sud: Europa - Costa Leste da América do Sul



Fonte: Site Hamburg Sud.

Ao realizar a escolha do armador, bem como a linha de navegação deve-se levar em consideração o tempo de viagem da rota, no exemplo da figura anterior é de 42 dias e, a frequência da linha, neste caso é fixa semanal. É importante comparar o número de navios operantes, no exemplo anterior é de 6 navios, bem como a capacidade do mesmo, neste caso é de 2.700 a 2.800 contêineres. Outras informações adicionais também devem ser consideradas e comparadas com a oferta dos demais armadores, como por exemplo, o número de *plugs* para contêineres refrigerados, valor do frete, formas de pagamento, etc.

Tais informações são relevantes visto que podem variar muito em função do número de portos de escala, bem como suas taxas de operação, o que requer do exportador especial atenção a fim de não inviabilizar seu negócio em função de altos custos logísticos e *lead times* longos.

4.5 COMO OPERAR NA EXPORTAÇÃO? INDIVIDUALMENTE OU EM COLABORAÇÃO?

Uma vez elucidado o mecanismo genérico de exportação via marítima pode-se perceber que o mesmo é muito abrangente, contendo diversas variáveis e requerendo atualização das mesmas referentes a volumes, capacidade dos navios, preços, tarifas marítimas, taxas, legislação, dentre outras.

Uma questão que vem à tona é sobre como as empresas envolvidas neste mecanismo atuam: individualmente ou em colaboração? Se isoladamente, cada empresa exportadora deve pesquisar sobre a melhor maneira de realizar o transporte de sua mercadoria, analisando as empresas de navegação existentes, suas taxas, volumes aceitáveis, modo de transportar a mercadoria até o porto mais adequado bem como preparar a documentação necessária.

Uma possibilidade dando início à colaboração é buscar o auxílio do profissional preparado para realizar tais atividades, o *freight forwarder* que se encarregará, se possível, de unir cargas de outros clientes a fim de conseguir economias de escala. O mesmo também poderia ser realizado diretamente através de parcerias entre as empresas exportadoras, sem a contratação deste terceiro.

Do lado dos armadores o transporte colaborativo também pode existir. Caso um dado armador não possua volume o suficiente para completar um navio, pode atuar juntamente com outros armadores que estejam na mesma situação e formarem a carga em um único navio, dividindo despesas e repartindo os lucros.

Foi a partir dos anos 90 que as empresas passaram a buscar sua expansão e uma melhor inserção na economia globalizada, formando parcerias dinâmicas como uma resposta a esta necessidade devendo estabelecer acordos para operar em conjunto nas rotas da rede logística.

Essas parcerias apresentam uma gama de possibilidades de acordos limitados a uma pequena cobertura de rotas ou até a uma integração ou fusão completa (Peyrelongue e Martínez, 2001). Dessa forma, dependendo do grau de compromisso entre os membros, a cobertura geográfica e os serviços podem ser aplicados para uma rota local, continental ou global. O impacto espacial é muito maior quando a

aliança busca uma integração mais ampla com uma rede global de cobertura.

De acordo com Long (2003) pode haver diferentes tipos de alianças na indústria de navegação. Em alguns casos, alguns transportadores trabalham juntos em uma linha regular. Pode haver casos em que um dado transportador pague a outro para transportar sua carga e, ainda, há casos em que um transportador atende uma rota e outro transportador atende uma rota diferente. De acordo com Stopford (2009) essas alianças tipicamente realizam serviços de operação em conjunto nas maiores rotas, fretam navios, dividem espaços (*slots*) nos navios, dividem terminais e serviços *inland* onde permitido, além da troca de informação. Entretanto, embora haja uma completa integração operacional, cada membro retém sua identidade corporativa e gestão executiva, incluindo vendas e *marketing*, precificação, documentação, propriedade de navios e manutenção.

Dados relativamente recentes apontam a existência de quatro alianças globais no mercado de armadores. Essas alianças são constituídas com 14 membros dos 20 maiores armadores e operadores multimodais do mundo. A associação desses membros representou a ampliação da capacidade de transporte da frota de cada membro, mas por outro lado favoreceu a concentração do mercado já que a capacidade de transporte das quatro alianças é de praticamente 50% do mercado, conforme a Tabela 11, que conta com cerca de 400 empresas.

Tabela 11 - Evolução da capacidade de transporte das alianças globais

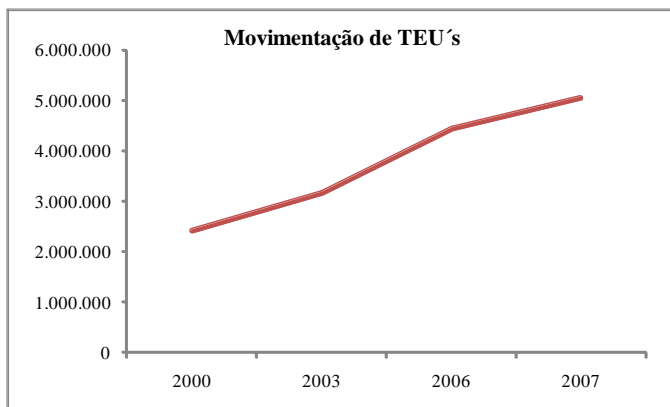
Alianças	2000		2003	
	TEU	% mercado	TEU	% mercado
Grand Alliance	692.551	13,45	957.019	13,97
Chky Alliance	649.709	12,62	846.251	12,35
Maersk/Sealand	620.324	12,05	818.850	11,95
TNWA	446.381	8,67	536.921	11,95
TOTAL	2.408.965	46,78	3.159.041	46,12

Alianças	2006		2007	
	TEU	% mercado	TEU	% mercado
Maersk/Sealand	1.665.272	18,23	1.759.806	16,60
Chky Alliance	1.067.198	11,68	1.264.640	11,93
Grand Alliance	989.241	10,83	1.251.016	11,80
TNWA	720.708	7,89	791.453	7,46
TOTAL	4.442.419	48,62	5.066.915	47,79

Fonte: Sys (2007).

Na Figura 13 é possível analisar a evolução do número de contêineres movimentados pelas maiores alianças de armadores formadas, o que representa aproximadamente 50% da movimentação global.

Figura 13 - Evolução da movimentação total de TEU's das alianças globais



Fonte: Sys (2007).

Essas alianças estão em constante transformação, alterando seus membros, seja para adaptarem-se a instabilidades do mercado seja para ampliar ainda mais os serviços; por isso à primeira vista podem parecer associações instáveis, mas são na verdade flexíveis, eliminam concorrentes mais frágeis, ampliam a cobertura do serviço, melhoram a eficiência, pontualidade e velocidade. Através dessa colaboração no transporte assiste-se a formação de redes logísticas globais que articulam espaços produtivos, não apenas ampliando a cobertura do

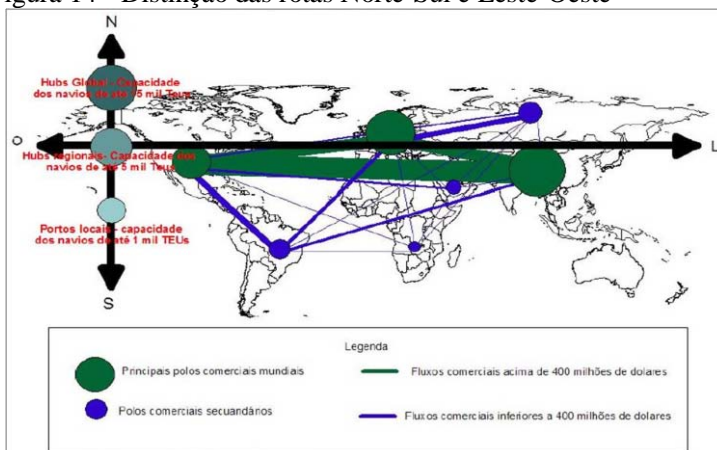
serviço, mas a frequência, eficiência e velocidade de circulação das mercadorias (Souza, 2009).

Segundo Sys (2007), em 1995 havia 16 operadores que possuíam 50% da capacidade de transporte do setor, em 2007 havia 7 operadoras com essa capacidade, mediante a realização de fusões, aquisição ou alianças. De fato, como salienta Peyrelongue e Martínez (2001) a busca por economia de escala reforça a tendência de concentração. Para alcançar economias de escala, a capacidade de serviços das empresas do transporte marítimo deve aumentar, deixando de fora outras empresas, mais frágeis ou menos eficientes.

O que se percebe, portanto, é que realizar alianças estratégicas ou fusões dos *Mega - Carriers* (grandes consórcios de transporte marítimo e multimodal) é uma possibilidade sólida e que vem modificando a organização do sistema marítimo-portuário mundial.

Segundo Peyrelongue e Martínez (2001), as principais alianças, chamadas alianças globais, ligam todos os 3 blocos mais poderosos do planeta: Ásia, América do Norte e Europa. Porém, os portos excluídos das rotas principais têm a possibilidade de se articular na economia global a partir das rotas indiretas e alimentadoras dos portos principais. Sendo assim, observa-se a formação de uma hierarquia portuária como observado na Figura 14.

Figura 14 - Distinção das rotas Norte-Sul e Leste-Oeste



Fonte: Souza (2009).

De acordo com a figura anterior, no nível mais alto da rede hierárquica portuária encontram-se os *hubs*¹⁴ globais que estão presentes em número reduzido, mas localizados em pontos estratégicos e específicos nos corredores Leste - Oeste e a partir destes se articulam no nível abaixo com os *hubs* regionais, já nas rotas Norte - Sul, que por sua vez se conectam com os portos menores sub-regionais e locais.

Além da hierarquização portuária, pode-se observar uma nítida diferenciação entre as rotas em termos de captação de fluxos, alocação da frota e concentração de operadores. As rotas Leste - Oeste são as rotas preferenciais de cobertura global, portanto onde estão os maiores fluxos, ligando as regiões do hemisfério Norte (América do Norte, Europa e Ásia) de maior troca comercial e, as rotas Norte - Sul são rotas de apoio para a distribuição de bens nos continentes do sul.

As conferências, portanto, são importantes atores no sistema marítimo-portuário mundial na medida em que elas controlam a maior parte dos fluxos, rotas, terminais portuários, sistemas de distribuição terrestres, investem em infra-estrutura, desenvolvem navio com maior capacidade etc. É através delas que é possível obter economias de escala com o uso de maiores navios, ocupando a capacidade máxima do mesmo (Long, 2003). Isto implica em dizer que através das cooperações pode-se desenvolver um porto, incluí-lo ou não na rede global de portos, além das implicações territoriais que estão vinculadas a isso, permitindo um ganho à economia como um todo.

Assim, conhecendo as possibilidades parciais de incrementar a exportação dos produtos manufaturados, com o foco na construção de cooperativas no transporte, faz-se imprescindível ajustar o sistema logístico nacional além de obter domínio e autonomia na formação dos preços de competição.

“Mercado externo existe, mas é preciso competência para ocupar espaços” (Moreira, 2009). Uma forma de se conseguir competência é racionalizando o uso do transporte, seja através de parcerias, seja através de otimização de processos e, é neste cenário que esta tese se propõe a atuar: propondo uma ferramenta inteligente que permita a análise

¹⁴ São centros logísticos de concentração, processamento e distribuição de cargas e informação (Peyrelongue e Martínez, 2001).

dinâmica das tendências para o uso do transporte colaborativo marítimo de produtos manufaturados.

4.6 ASPECTOS PRÁTICOS DA FORMAÇÃO DE PREÇOS DE FRETE MARÍTIMO

O preço é o instrumento econômico que possibilita a regulação automática do encontro entre a oferta e a demanda de um bem, anulando sobras de recursos produzidos ou demanda insatisfeita (Caldeirinha, 2007). Apesar de não serem mecanismos perfeitos, e de poderem ser distorcidos por inúmeras circunstâncias de concorrência imperfeita, monopólio ou intervenção do Estado, os preços têm conseguido desempenhar o seu papel na economia, ao longo dos tempos.

Também para o transporte marítimo e portos, o preço portuário desempenha um importante papel, como fonte de financiamento dos investimentos, do funcionamento, manutenção e renovação das infra-estruturas e equipamentos portuários, isto apesar do seu reduzido peso no valor das mercadorias e no contexto da cadeia de transportes. Para o autor supracitado, os preços de fretes e as taxas portuárias são assim instrumentos essenciais num porto, desde que não comprometam a respectiva competitividade e não se tornem apenas fontes de financiamento de crescentes despesas correntes, desnecessárias à atividade do porto. Complementando, o preço portuário pode ainda ser utilizado como variável do *marketing* do porto, apesar da grande rigidez da procura, procurando adaptá-lo aos valores da concorrência, regulando a ocupação das infra-estruturas e a qualidade dos serviços prestados ou atraindo determinados tipos de linhas ou cargas mais interessantes.

Basicamente os preços dos fretes das linhas regulares são determinados pela competição do mercado. O transporte marítimo é um negócio no qual empresas podem entrar ou sair à medida que bem quiserem. Contudo, devido ao elevado custo fixo e a necessidade de operar serviços regulares, o processo de formar o preço (*price-making process*) é mais complexo que a indústria massiva (*bulk industry*, envolvendo grandes volumes de granéis, por exemplo) e os procedimentos estão constantemente em mudança em resposta às pressões de competição e regulatórias (Stopford, 2009).

Durante a era do navio de carga regular¹⁵ (*cargo liner era*) foi desenvolvido um sistema centralizado para manipulação dos preços. Conferências de frete conduziam as negociações dos preços, geralmente com um membro central representando os interesses dos navegadores (um conselho dos navegadores). Regularmente os conferenciados se reuniam para negociar as taxas e acordos gerais de aumento das taxas de frete. Os *outsiders* (navios que não se atém aos acordos firmados nas conferências de fretes) seguiam uma política de precificação independente. E a partir da containerização esse processo foi diluído. As conferências ainda existem, porém o processo de formar os preços se tornou menos estruturado, passando por uma variedade de discussão de acordos, alianças e acordos de serviços.

De acordo com Stopford (2009) as companhias de linhas regulares geralmente tentam basear suas políticas de preços nos princípios duais de *estabilidade de preço* e de *diferenciação de preço*, sempre com o desejo de estabilizar os preços, pois devido ao grande número de clientes (por exemplo, indústrias) negociar cada preço não é uma atividade prática. De maneira ideal, uma vez que os preços estão ajustados, eles devem ser alteados somente quando houver alguma razão válida, como uma mudança no custo de prover o serviço ou uma mudança maior nas unidades de custos ocultos. O caso para a diferenciação do preço das *commodities* é óbvio: cobrar altas taxas de frete para *commodities* que podem sustentar o custo, e descontar de *commodities* de baixo valor para atrair um maior volume de cargas; o que seria mais econômico do que se houvesse uma simples taxa de frete padronizada. Ao se aumentar o volume, permite-se que haja maiores navios e mais linhas regulares de navegação. Neste sentido, as políticas de precificação sustentam a provisão de um pacote de serviços melhor para todos os clientes. Outro tipo de diferenciação de preço ocorre entre clientes. Aos grandes clientes, com os quais se vale a pena negociar, podem ser oferecidos descontos especiais através de acordos de serviços.

Por muitos anos as companhias regulares operavam com classes de tarifas e com um “livro” que listava cada *commodity* a uma dessas classes. Contudo a containerização enfraqueceu este sistema ao “comoditizar” a mercadoria e, muitas companhias regulares agora cobram uma taxa padrão aos fretes. Mas o fato que permanece é que

¹⁵ Até meados da década de 60.

muitos clientes são mais sensíveis aos preços que outros. Um distribuidor de peças de automóveis pode dar mais valor à confiança e ao serviço mais do que um cliente que possui um produto sensível ao preço, como rolos de celofane que apenas quer o frete mais barato.

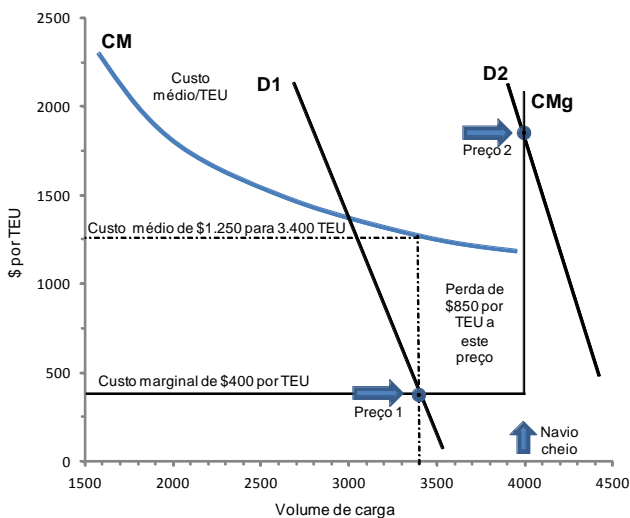
Em um negócio que oferece um produto de transporte diferenciado, há certamente um caso para uma posição de *diferenciação de preço*, mas isso pode apenas operar se o produto e o sistema de precificação podem ser adaptados às necessidades do cliente. Uma resposta pode ser oferecer uma categoria de serviços com valor adicionado. De modo geral, é um problema do que o mercado irá tolerar e se as companhias podem encontrar uma diferenciação de serviço que os clientes estarão dispostos a pagar. Assim, para simplificar o processo de cobranças, as companhias navegadoras (os armadores), geralmente buscam preferencialmente negociar contratos de serviços com maiores clientes (maiores indústrias), ofertando descontos em volumes ou outras concessões.

Os princípios da formação de preços de fretes marítimos podem ser ilustrados com os gráficos de oferta-demanda conforme ilustrado na Figura 15 e Figura 16. Considere o caso de companhias de linhas regulares competindo, cada uma operando um único navio, de 4.000 TEU, o qual faz cinco viagens ao ano. Cada navio possui um custo diário de \$40.000 incluindo custo de capital e de operação e combustível, e ainda um custo de \$400 para manipular cada contêiner. Quando o navio está cheio, nenhuma carga adicional pode ser transportada. O eixo vertical de cada gráfico apresenta o preço (taxa de frete) ou custo em dólares por TEU, enquanto o eixo horizontal apresenta o volume de peças (contêineres) transportadas por viagem.

O armador regular deve cobrar um preço que cubra seus custos. Se este objetivo não for alcançado, em curto tempo ele deixará o mercado. Os custos envolvidos podem ser do tipo fixo ou variável. No caso simplificado de Stopford (2009) o custo diário do navio de \$40.000 é um custo fixo, pois o armador está comprometido em oferecer o serviço independente do volume de carga existente, enquanto os custos de manipulação da carga podem ser considerados como custos variáveis, pois eles não ocorrem caso não haja carga. Essa é uma grande simplificação, porém útil para ilustrar o princípio.

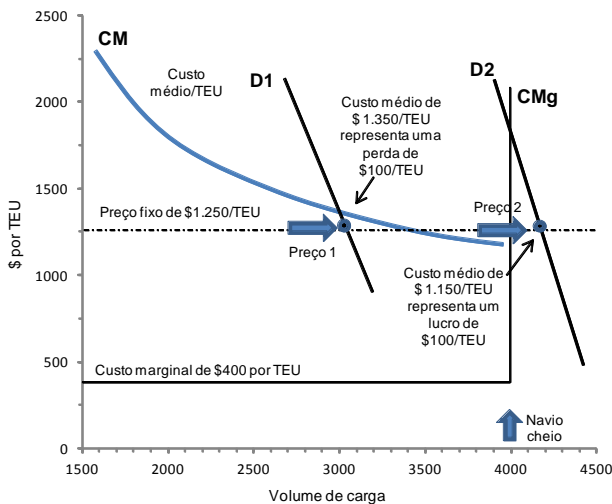
Devido o armador já estar comprometido com os custos da viagem, quando o navio está parcialmente vazio, o único custo adicional em aceitar outro contêiner é o custo de \$400 por manipulação da carga do contêiner. Isto é conhecido como *custo marginal* (CMg). Uma vez que o navio está cheio o custo marginal cresce rapidamente para \$2.500 por contêiner, o custo de fretar outro navio ou alugar espaços (*slots*) em outro navio. Isto é apresentado na curva de custo marginal (CMg) na Figura 15. Note que a curva CMg é horizontal a \$400 de 1.500 TEU's a 4.000 TEU's quando o navio está completamente carregado; então movendo-se verticalmente de \$400 por TEU para \$2.500 por TEU quando a carga carregada chega a 4.000 TEU. Na Figura 16 também é apresentada a curva de custo médio (CM), que mostra, a cada passo, os custos fixos e variáveis divididos pelo volume de carga. A baixo níveis de volume de carga o custo médio é muito alto, pois o pequeno número de contêineres deve absorver o custo total do navio. Por exemplo, quando o navio está carregando apenas 1.500 contêineres o custo médio é de \$2.400 por TEU, mas à medida que o fator de carregamento aumenta, o custo médio reduz gradualmente para \$1.150 por TEU quando o navio está cheio.

Figura 15 - Precificação com base no custo marginal



Fonte: Stopford (2009, p. 552).

Figura 16 - Precificação com base no preço fixo



Fonte: Stopford (2009, p. 552).

Caso 1: Preço com base no custo marginal

Para gerar lucro, o armador de linha regular deve gerar receitas suficientes para cobrir seus custos médios. A Figura 15 apresenta o que ocorre em um mercado livre (sem conferências). Quando há mais espaço nos navios do que carga, o que é representado pela curva de demanda D1, os armadores concorrem contra si pelas cargas disponíveis. À medida que vão barateando, o preço do frete é reduzido ao custo marginal o que neste exemplo é \$400 por TEU (ou seja, o custo de manipulação). A este preço o volume de carga é de 3.400 TEU's, o ponto onde a curva da demanda (D1) intersecta a curva do custo marginal. Isto é bem abaixo do custo médio (CM) que a este nível de volume tem o valor de \$1.250 por TEU, portanto o armador gera uma perda de \$850 por contêiner. Com 3.400 contêineres para transportar, isso equivale a uma perda por viagem de \$2.9 milhões. Quando a demanda é alta (D2) o preço aumenta rapidamente e \$2.250 por TEU conforme os armadores concorrem pela capacidade limitada de 4.000 TEU's. A este volume o custo médio é de \$1.150 por TEU, portanto o armador faz um lucro de \$1.100 por contêiner, o que gera \$4.4 milhões por viagem.

Stopford (2009) afirma que para sobreviver em um mercado volátil com preços determinados pela competição, os armadores devem

fazer lucro suficiente durante os anos bons para subsidiar suas operações durante os anos ruins. Neste caso, o lucro de 4.4 milhões no auge do negócio mais do que compensa a perda de \$2.9 milhões durante a recessão, resultando num excedente de \$1.5 milhões. Embora o fluxo de caixa seja muito volátil, ao longo do tempo as entradas e saídas de armadores devem regular o nível de lucro garantindo um adequado, mas não excessivo, retorno para os armadores eficientes.

Caso 2: Preço fixo

Uma alternativa estratégica para os armadores regulares é fixar os preços a um nível que proporcione uma margem razoável sobre os custos médios. As consequências dessa abordagem são visíveis na Figura 16, a qual tem as mesmas curvas de oferta e demanda. Supondo que o armador decida impor um preço fixo de \$1.250 por TEU, apresentado pela linha pontilhada. Durante a recessão a um preço de \$1.250 por TEU a demanda cai para 3.250 TEU's (ver o intercepto entre D1 e a curva do preço fixo). A este volume de carga o custo médio é de \$1.350 por TEU, portanto o armador gera uma perda de \$100 por TEU ou \$0.3 milhão na viagem. Durante o auge do negócio (D2) a um preço de \$1.250 por TEU a demanda aumenta para 4.250 TEU's (ver intercepto entre D2 e a curva do preço). Uma vez que o navio pode carregar apenas 4.000 TEU's a um custo médio de \$1.150 por TEU, a viagem gera um lucro de \$100 por TEU ou \$0.4 milhão por viagem. Assim, a este preço de \$1.250 o armador faz um lucro líquido de \$0.1 milhão nas duas viagens, o que não é muito caso tivessem feito sob o caso de precificação com base no custo marginal. Aparenta-se, portanto, que houve um julgamento errôneo na fixação do preço.

Se os preços fixos são julgados corretamente e rigidamente mantidos, esta política oferece um caminho prático para estabilizar o fluxo de caixa. O armador faz uma perda menor durante a recessão e um lucro menor durante o auge. Comparado com o caso de livre mercado, os ciclos de fluxos de caixa são reduzidos e os clientes tem o benefício de preços estáveis. Se houver entrada livre no negócio (sem barreiras), o armador não gera lucro excessivo, pois novos armadores entram no negócio e armadores existentes expandem sua capacidade, eliminando o excesso de lucro.

Este é o lado positivo da fixação de preço. Torná-lo viável é uma tarefa árdua. Os preços fixos apenas podem funcionar se a maioria dos armadores obedecer essa política, mas durante uma recessão com preços

acima do custo marginal, armadores individuais tem um incentivo enorme para reduzir seus preços e encher seus próprios navios. Assim, o “preço da aliança” (*price ring*) está sob contínua pressão. Ainda pior, durante o auge do negócio há um risco que os operadores *outsiders* irão se avantajarem do negócio, absorvendo as cargas-prêmio a preços lucrativos, e o mercado de frete para navios porta-contêineres tem tornado essa prática muito fácil. Se uma rígida disciplina não for executada, o cartel é comprimido em ambas as direções.

Um exemplo simplificado ilustra este problema. Supondo que haja três navios em um serviço, dois em uma conferência (ou seja, em cartel) e um terceiro navio do tipo *outsider*. O negócio é comprimido com apenas a carga de 3.250 contêineres por navio, e este nível de demanda é fixo, ou seja, não sensível ao preço. Se a conferência é aderida, cada navio cobra um preço fixo de \$1.250 por TEU e carrega 3.250 TEU's, gerando uma pequena perda de \$100 por contêiner na viagem. Se, entretanto, o navio *outsider* oferta um preço de \$1.150 por TEU, o negócio se altera. A este preço ele ganhará carga suficiente para preencher seu navio de 4.000 TEU's, portanto seu custo médio cai para \$1.150 por contêiner e encontra-se o ponto de equilíbrio. Mas os membros da conferência permanecem com o restante de apenas 2.875 TEU's cada (ou seja, há potencialmente carga de 9.750 TEU's e o *outsider* leva 4.000 TEU's, deixando 5.750 TEU's para os dois membros da conferência repartir entre si). Com apenas 2.875 TEU's por navio seus custos médios aumentam para \$1.450 por TEU, mas a taxa do frete agora é de \$1.150 por TEU, portanto eles perdem \$300 por TEU. Eles são “assaltados” pelo operador *outsider* e não há nada que eles possam fazer à respeito. Estes exemplos apresentados relatam os ciclos do mercado. Exatamente os mesmos princípios se aplicam aos ciclos sazonais ou desequilíbrio de mercado. Este é um bom exemplo de uma situação conhecida na Teoria dos Jogos como o Dilema dos Prisioneiros.

Caso 3: Diferenciação de Preço

A terceira opção de precificação é a diferenciação de preço. Um dos benefícios da precificação baseada no custo marginal é que preços flexíveis ajudam a coordenar o volume de carga com a capacidade disponível. Assim, o baixo preço durante a recessão na Figura 15 atrai cargas marginais tal como resíduo de papel, forragem, auxiliando no preenchimento dos navios vazios e gerando receitas extras. Como resultado, o volume de carga na recessão é 3.400 TEU's comparado com

apenas 3.250 TEU's quando o preço é fixo em \$1.250 por TEU. De modo oposto, durante períodos de auge nos negócios, altos preços desencorajam cargas que não conseguem sustentar as altas taxas de frete, e a capacidade escassa é tomada pela carga prioritária, enquanto que o preço fixo deixa o armador regular com demanda por 4.250 TEU's, mas com apenas 4.000 vagas (*slots*) no navio. Deste ponto de vista, preços flexíveis trazem um benefício positivo para o armador e o cliente. Um modo de obter o melhor é oferecer diferentes preços para cada *commodity*. Economistas referem-se a esta abordagem como diferenciação de preço, e é vastamente empregada no sistema de transporte (exemplo: classe de negócios *versus* classe econômica nas empresas aéreas). Às cargas de baixo valor é oferecido transporte barato para preencher a capacidade ociosa dos navios, enquanto que cargas de alto valor são cobradas taxas de frete elevadas. A diferenciação do preço de *commodities* foi vastamente utilizada pelas companhias regulares de carga, apesar de ter se tornado mais difícil desde que a containerização padronizou a carga fisicamente. Este aspecto de precificação é particularmente relevante para a containerização de cargas menores à granel. A diferenciação de preços também pode ser aplicada aos clientes. Por exemplo, taxas especiais podem ser oferecidas aos clientes que têm grandes volumes de carga. Com toda diferenciação de preço espera-se que a receita marginal obtida das cargas compense completamente o armador pelo custo do serviço oferecido, incluindo custos escondidos como o de reposicionamento de contêineres. Isto é comumente conhecido como a “gestão de receitas” - *yield management*, (Stopford, 2009).

Caso 4: Contratos de serviços

Devido à containerização ter reduzido as oportunidades de diferenciação de preços, uma quarta opção de precificação emergiu: o contrato de serviços. Esta abordagem se baseia no fato que grandes clientes (indústrias exportadoras, por exemplo) têm maior interesse em estabilidade nas linhas regulares e usam os contratos de serviços para fixar preços e linhas de direção de volumes. Inicialmente essa abordagem surgiu de problemas antitrustes, especialmente nos negócios do EUA, mas o ato de reforma da navegação oceânica dos EUA (*US Ocean Shipping Reform Act*) de 1999 deu aos clientes o direito de acordos confidenciais de serviços e contratos de serviços privados foram adotados. Entretanto, uma pesquisa publicada três anos após sugere que o nível de definição desses contratos é geralmente baixo, com apenas 44% deles ocorrendo na formalidade.

No intuito de dar continuidade ao estudo dos mecanismos existentes na cooperação, serão apresentados no capítulo seguinte dois diferentes métodos (ABMS e SD) que podem ser utilizados como ferramental de modelagem e análise do problema em estudo.

5. MÉTODOS DE SIMULAÇÃO APLICÁVEIS À MODELAGEM DO PROBLEMA DE TRANSPORTE COLABORATIVO

Para que os agentes possam chegar a um acordo, há necessidade da troca de mensagens entre eles, cujo objetivo principal é reconhecer os dados obtidos como satisfatórios para que o acordo entre os agentes seja selado (Bitencourt Jr. et al., 2006).

5.1 INTRODUÇÃO

Dentre as metodologias de experimento, a modelagem foi escolhida para este trabalho. Um modelo pode ser definido como uma abstração da realidade, uma representação das interações entre os elementos do sistema, mas sempre mais simples que o sistema real (Loureiro, 2009). Para Hesse (1997) um modelo pode ser uma representação física, esquemática, verbal ou matemática do objeto real sendo projetado, construído ou descrito. Para Sterman (2002) todos os modelos são simplificações ou abstrações de um sistema o que os torna invariavelmente imperfeitos ou incompletos, porém a simulação e a construção de modelos computacionais são essenciais para que se tenha uma maior compreensão dos sistemas.

Conforme consta na literatura, não existe um modelo padrão a ser seguido de modo a atrair as companhias a ingressarem em uma cadeia colaborativa de distribuição. Neste caso é possível estender essa verdade ao problema de transporte marítimo na cadeia de exportação, o qual ainda possui poucos estudos científicos publicados, especialmente para o cenário brasileiro. Assim, o desafio que permanece é encontrar um modo melhor de tratar esse problema (Silva *et al.*, 2011-b).

Assim, diante da importância das etapas de modelagem e simulação de um problema, este capítulo será destinado ao estudo de possíveis métodos aplicáveis à modelagem do comportamento da colaboração no processo de exportação.

5.2 MODELAGEM

A maioria dos sistemas apresenta comportamento complexo e há quem acredite que a complexidade de um sistema está no número de variáveis que este possui e na incrível quantidade de possibilidades combinatórias produzidas para se encontrar, por exemplo, a melhor solução a um dado problema (Stermán,2000). Mas a complexidade de um sistema pode ser demonstrada através de problemas simples e de baixa complexidade combinatorial, conforme o autor supracitado mostrou com seu *Beer Game*, um jogo de regras simples e poucas variáveis, que simula a cadeia de distribuição da cerveja, onde a complexidade reside nas interações entre os diferentes agentes do sistema ao longo do tempo.

Um aspecto fundamental à respeito dos sistemas complexos é: as ações não estão isoladas de suas conseqüências, pelo contrário elas se propagam para todo o sistema. Portanto, o estudo de apenas uma variável de interesse, por exemplo, se torna cada vez mais difícil à medida que pequenas alterações nesta provocam interações e mudanças em outras variáveis do sistema, deixando assim a interpretação e a análise dos resultados cada vez mais complexa, mas também mais rica (Loureiro, 2009).

De acordo com Axelrod (1997) a modelagem pode ser usada para prever a relação entre variáveis; analisar a possibilidade do sistema modelado gerar um determinado comportamento; descobrir conseqüências não esperadas da interação de processos simples; gerar uma explicação plausível para um determinado resultado; verificar explicações teóricas anteriormente feitas, dentre outros.

Dentre os diversos autores que descrevem as vantagens do uso da modelagem, Sanches (2009) expõe que esta elimina o problema gerado pela incapacidade de simular situações complexas em nossa mente ou de testá-las na prática; explicita erros em nossos modelos mentais e ajuda a melhorar nossa intuição e capacidade de identificar problemas e causas; facilita o questionamento das hipóteses adotadas; torna possível observar coisas que não seriam possíveis em experimentos empíricos, além de reduzir o esforço e tempo necessários para geração dos testes.

De acordo com Stermán (2000) a grande disseminação da modelagem nas diversas áreas da ciência é decorrente dos seguintes

fatos: a) existir teorias muito difíceis ou impossíveis de se testar na realidade, seja em função de não haver condições necessárias para mostrar a teoria, seja pelo longo tempo necessário para ver os efeitos; b) as organizações são avessas ao risco e, implementar ou testar uma nova teoria pode gerar um grande impacto no mundo real, que nem sempre é benéfico (neste caso, se não fosse possível “testar” as teorias em ambientes de simulação, seria muito pouco provável que teríamos a mesma velocidade de disseminação de novas tecnologias e metodologias).

Entretanto, a modelagem também possui uma série de limitações e desvantagens tais como: a) os resultados da modelagem podem ser afetados por problemas dos próprios sistemas usados e pela tradução para a linguagem matemática e, b) o fato dos resultados não poderem ser generalizados para todas as condições (Harrison *et al.*, 2007; Sterman, 2002). Na classificação de Moore e Weatherford (2005) os modelos podem ser de três diferentes formas, conforme consta na Tabela 12:

Tabela 12 - Classificação de modelos

Físicos	Analógicos	Simbólicos
<ul style="list-style-type: none"> - caracterizados pela construção de protótipos ou modelos de escala reduzida; - os experimentos ou simulações podem ocorrer em pistas de provas ou túneis de vento por exemplo. 	<ul style="list-style-type: none"> - representam-se através de um meio diferente, mas análogo a um mesmo conjunto de relações; - exemplo: um velocímetro que pelo movimento analógico de uma agulha numa escala representa a velocidade de um veículo. 	<ul style="list-style-type: none"> - todos os conceitos são representados por variáveis definidas quantitativamente e seus relacionamentos são representados matematicamente e não física ou analogicamente; - por usarem variáveis quantitativas e inter-relacionadas por equações, os modelos simbólicos são muitas vezes chamados de matemáticos ou simulação.

Fonte: Moore e Weatherford (2005).

Ao se modelar um evento, alguns riscos devem ser evitados. Para Yoshisaki (1997) um risco a ser evitado ocorre quando a modelagem é

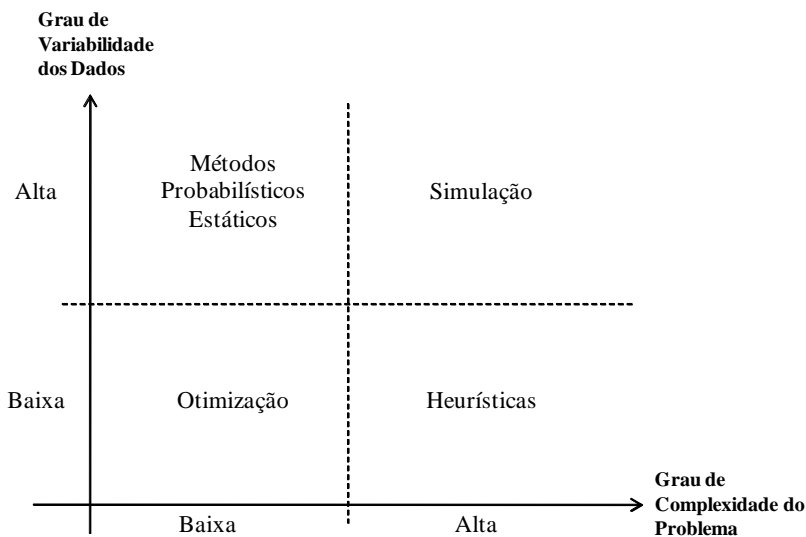
feita em ambientes organizacionais; neste caso não se deve considerar que as relações de causalidade são estáveis. Outros riscos incluem: buscar soluções “subótimas” que sejam possíveis de serem alcançadas, não considerando as relações entre os diversos elementos do sistema e, mau formulação ou equívoco na escolha e implementação do método.

A abordagem tradicional de modelagem matemática muitas vezes é criticada devido os modeladores não considerarem que existe uma forte influência da visão do modelador na construção do modelo; buscarem resolver problemas de forma fragmentada; considerarem que a modelagem é um processo linear; falharem no momento da identificação do problema; e não se preocuparem com as pré-condições para o uso e implementação da modelagem (Little, 1994).

Na literatura, normalmente, o processo de modelagem de um problema segue a seguinte metodologia: a) na primeira etapa é determinada a conceituação do problema; b) na segunda etapa ocorre a modelagem propriamente dita; c) na terceira etapa é realizada a resolução do problema e, d) na quarta etapa é realizada a implementação do problema (Yoshizaki, 1997; Mitroff *et al.*, 1974). Quanto às técnicas computacionais de modelagem comumente empregadas, tem-se: otimização, métodos heurísticos, probabilísticos estáticos e simulações (Sanches, 2009).

Na Figura 17 pode-se verificar o caminho bem explorado dessas diferentes técnicas utilizadas para resolução de problemas, no sentido de aprimorar, em cada uma das áreas de conhecimento, separadamente, a busca da melhor solução, deixando de se aproveitar o potencial que se pode conseguir com a integração dessas técnicas.

Figura 17 - Técnicas de modelagem conforme a complexidade e variabilidade dos problemas



Fonte: Ceciliano (2007).

Neste trabalho será empregada a técnica de simulação, a qual será melhor explorada no item a seguir.

5.3 SIMULAÇÃO

Para este trabalho a seguinte definição da palavra simulação será utilizada:

“simulação é um processo de experimentação realizado através de um modelo representativo de um sistema real, que busca determinar como este irá responder a mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno” (Harrel et al., 2002).

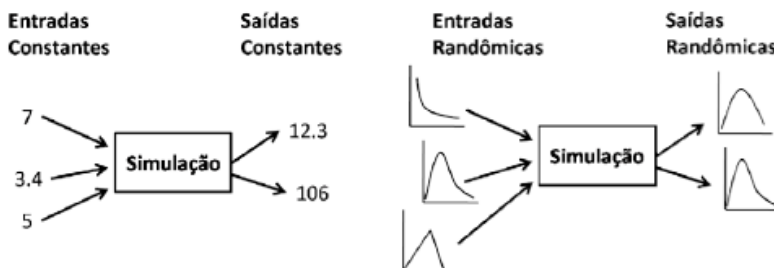
Loureiro (2009) apresentou em seu trabalho duas subdivisões para a simulação: a) simulação não-computacional, onde não há necessidade de um computador para ser realizada (por exemplo - a utilização de um protótipo em escala reduzida de um veículo ou

aeronave em túnel de vento) e, b) a simulação computacional, objeto de estudo deste trabalho, onde há necessidade de um computador para ser realizada, podendo ser subdividida em: estática ou dinâmica, determinística ou estocástica, discreta ou contínua.

Segundo o autor supracitado, um modelo de simulação estático é aquele onde não há mudança no estado do modelo em relação ao tempo, assim não se considera o tempo como uma variável do sistema. Um método clássico empregado para esse tipo de simulação é o Monte Carlo, onde o fator que não é conhecido com certeza é considerado uma variável aleatória, tendo seu comportamento descrito por uma distribuição de probabilidade. No caso da simulação dinâmica as variáveis de estado do modelo são alteradas conforme o tempo evolui, sendo essa técnica útil para avaliação de processos industriais como linhas de montagens de carros ou operações de serviços.

Quanto aos modelos de simulação determinísticos, estes são construídos da mesma maneira que os probabilísticos ou estocásticos com exceção de não possuírem variáveis randômicas. Nestes casos, todos os estados futuros do modelo já estão determinados desde o momento em que se definiram os dados de entrada e o estado inicial do sistema. Assim uma simulação determinística sempre irá produzir os mesmos dados de saída não importando o número de vezes que o modelo é aplicado (Loureiro, 2009). Devido a aleatoriedade das variáveis, uma simulação estocástica necessita de um número maior de aplicações ou interações para produzir resultados precisos e confiáveis devido os dados de saída ou resultados do modelo também apresentarem característica randômica. Para se determinar os resultados com precisão é necessário calcular os valores médios das métricas ou medidas de desempenho desejadas. Ver exemplo da Figura 18.

Figura 18 - Exemplo de simulação determinística e simulação estocástica

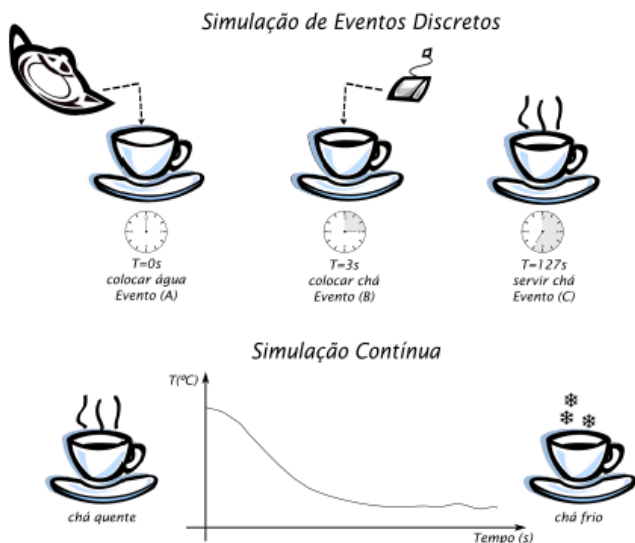


Fonte: Harrel *et al.* (2002).

Na simulação de evento discreto uma ação instantânea ocorre em um momento único e o relógio de simulação avança à medida que um evento ocorre. Já na simulação de evento contínuo a ação não cessa, e o relógio continua ininterruptamente em relação ao tempo. Segundo Harrel *et al.* (2002) a simulação contínua permite que as variáveis do modelo se alterem ao longo do tempo com taxas de mudanças definidas e relacionadas ao relógio de simulação. A Figura 19 exemplifica os processos de simulação contínua e discreta. A preparação da xícara de chá como pode se observar envolve três eventos, a colocação da água quente na xícara, a adição do chá à água quente e a disponibilização do chá. Ao contrário do processo de resfriamento que ocorre de forma ininterrupta, cada evento ocorre em um determinado instante do tempo.

Outra diferença, apontada por Mayo e Wichmann (2003), entre os dois métodos está no emprego dos dados: a simulação de eventos discretos é dependente de uma base de dados abrangente e detalhada, para que o processo de simulação possa ocorrer, enquanto que a simulação de eventos contínuos utiliza a base de dados em três situações: 1) para iniciar a simulação sendo que após este início as equações do sistema passam a controlar as operações; 2) para representar variáveis exógenas e, 3) verificar a integridade e calibrar o modelo, através da comparação entre uma base de dados conhecida e a obtida com a simulação. Loureiro (2009) complementa dizendo que uma diferenciação importante entre os métodos discreto e contínuo é a fusibilidade de representação dos ciclos de retroalimentação (*feedback loops*), sendo a simulação de eventos contínuos mais abrangente.

Figura 19 - Exemplo de simulação de eventos discretos e simulação contínua



Fonte: Chwif e Medina (2004).

Bertrand e Fransoo (2002) afirmam que a simulação não tem a mesma “qualidade científica” quando considerada a capacidade de gerar provas através da dedução matemática, porém ela possui a vantagem de ser capaz de retratar com maior fidelidade problemas com complexidade e variabilidade elevados. Na definição de Sterman (2002) a simulação é adequada para problemas complexos e para problemas que contenham um número limitado de alternativas a serem consideradas (Rosenfield *et al.*, 1989).

Outras vantagens da simulação incluem a utilização de interfaces gráficas que auxiliam o entendimento e, por conseqüência, a adoção dos modelos (Bodin e Levy, 1994); permitir que soluções inovadoras possam ser testadas sem provocar riscos para as organizações (Hale, 1999) e, ser capaz de representar a realidade de uma forma adequada e permitindo o uso de uma abordagem matemática (Yoshizaki, 1997).

5.4 MÉTODOS DE SIMULAÇÃO APLICÁVEIS À MODELAGEM DO PROBLEMA DE TRANSPORTE COLABORATIVO

Na intenção de determinar um método de simulação apropriado para estudar o comportamento da colaboração no processo de exportação, alguns estudos preliminares foram feitos por Silva *et al.* (2010 -a, 2010 -b; 2011 -a; 2011 -b). Em tais estudos os métodos *System Dynamics* e *Agent Based Modeling and Simulation* são apresentados devido ambos serem indicados para modelar sistemas contendo grande número de objetos ativos (entende-se por objetos ativos: indústrias, pessoas, veículos, armazéns, produtos) e suas aplicações variam de acordo com o nível de abstração requerido, que podem considerar mais ou menos detalhes envolvidos.

De acordo com Borshchev e Fillippov (2004), a escolha do método de simulação deve ocorrer após a caracterização do problema em estudo. Os problemas podem ser geralmente arranjados em uma escala de acordo com o nível de abstração que apresentam. Problemas tratados a um nível detalhado consideram objetos individuais físicos como tamanhos, distâncias e velocidades exatas. Sistemas de controle e mecatrônica estão posicionados na parte inferior da Figura 20.

Modelos de chão-de-fábrica, logística de armazéns incluindo transporte e estocagem estão posicionados um pouco acima devido a inicialização do processo de abstração, considerando planejamentos, capacidades e tempos médios, bem como tempos médios de carga e descarga, onde movimentos físicos podem estar presentes algumas vezes. Finalmente, modelos de tráfego e transporte de macro-nível não podem considerar veículos individuais, pacotes, portanto, utilizando seus volumes. Normalmente, cadeias de suprimentos podem ser modeladas entre os níveis de abstração médio e alto. No topo da Figura 20 estão localizadas algumas abordagens em termos de agregação, *feedback* global e tendências. Seguindo isto, a formação da colaboração na cadeia de exportação pode ser considerada como um problema de alta abstração (Silva *et al.*, 2011 -b).

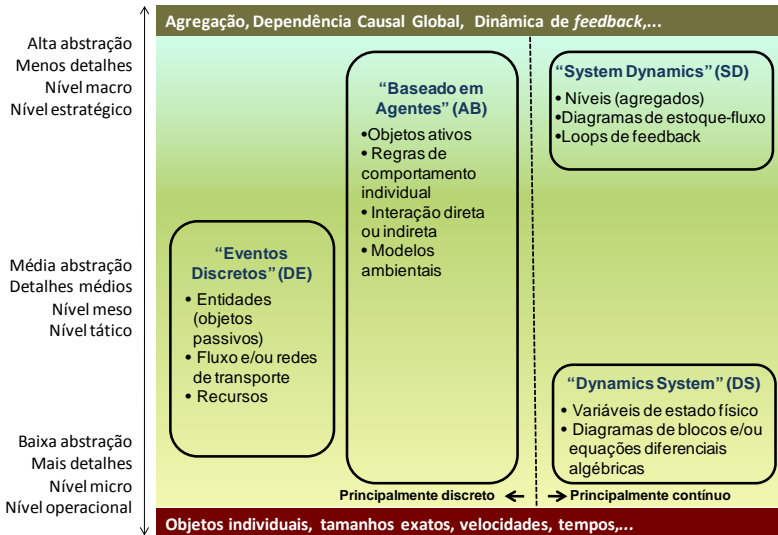
Figura 20 - Aplicações de modelagens e simulações conforme escala de nível de abstração



Fonte: Borshchev e Fillippov (2004).

De acordo com a Figura 21, para níveis de abstração médio e alto é indicado modelar o problema utilizando os métodos ABMS e SD. Enquanto o método SD trata de processos contínuos e é indicado para o mais alto nível de abstração, o método ABMS trata de tempos discretos e é utilizado em todos os níveis de abstração, variando a natureza e escala dos elementos.

Figura 21 - Abordagens em modelagens e simulações conforme a escala de nível de abstração



Fonte: Borshchev e Fillippov (2004).

Silva *et al.* (2011 -b) consideram que problemas logísticos e da cadeia de suprimentos envolvem diversos elementos, os quais não podem ser modelados com tal nível de detalhamento (variando de médio a alto nível de abstração), portanto os métodos SD e ABMS ajustam-se melhor a estes problemas. Na Tabela 13 são apresentadas as principais diferenças entre ambos os métodos.

Apresentadas algumas das peculiaridades dos métodos SD e ABMS bem como potenciais situações às quais se aplicam cada um deles, maior enfoque será dado nos itens a seguir deste capítulo, à respeito de suas definições, lógica de funcionamento, dificuldades de uso, além de comentários sobre trabalhos prévios desenvolvidos no intuito de aplicá-los à modelagem do problema de transporte colaborativo.

Tabela 13 - Principais diferenças entre os métodos

	SD	ABMS
Perspectiva	de cima para baixo	de baixo para cima
Escopo	estratégico	todos os níveis
Nível de modelagem	macro, agregado	individual, micro
Principal bloco de construção	<i>feedback loop</i> e estoque-fluxos	agente individual
Origem da dinâmica	níveis e atrasos	eventos
Unidade de análise	estrutura do sistema	regras e comportamentos individuais
Estrutura do sistema	fixa	não fixa
Manipulação do tempo	contínuo	discreto ou contínuo
Formulação matemática	equações integrais	lógica
Quando utilizar	para entender padrões de transição do sistema e sua inabilidade de comportamento de longo prazo, para modelar processos detalhados e entidades complexas	para simular sistemas que tem comportamento emergente, composto de agentes interagindo
Principais desvantagens e limitações	inabilidade para modelar processos detalhados e entidades complexas	falta de consenso nas definições, muitas ferramentas são não-amigáveis, difícil de vender, alto requerimento computacional para modelar grandes sistemas

Fonte: Loureiro e Lima (2010).

5.5 AGENT BASED MODELING AND SIMULATION

ABMS é um método computacional usado para compreender e analisar sistemas compostos de muitos indivíduos que interagem entre si (North e Macal, 2007; Gilbert, 2008). ABMS é particularmente adequado para apoiar o estudo de temas como a tomada de decisão descentralizada, as interações local-global, auto-organização, emergência e os efeitos da heterogeneidade no sistema simulado (Axelrod e Tesfatsion, 2006; Bandini *et al.*, 2009).

Agentes são componentes dos sistemas adaptativos complexos auxiliando na tomada de decisões. De acordo com o North e Macal (2007) os agentes têm conjuntos de regras de padrões de comportamento que lhes permitem assimilar as informações, o processo de entradas e, em seguida, efetuar mudanças no ambiente externo. Adaptação e aprendizagem são os resultados obtidos pelos agentes após o processamento das informações entre eles. Mais especificamente, estes autores definem agentes como algo que faz escolha em um negócio: gerentes, executivos, organizações.

No método ABMS, um agente é um indivíduo com um conjunto de atributos e características comportamentais. Os atributos definem o que um determinado agente é. As características comportamentais definem o que um determinado agente faz e, geralmente há diferença entre os agentes no modelo. Para iniciar a modelagem de um agente é necessário definir os seus atributos, que podem variar de um para outro. Alguns atributos comuns para representar as pessoas incluem a idade, renda, sexo, história; para representar as empresas competindo num mesmo mercado incluem recursos, tamanho, tempo de decisão e várias preferências estratégicas, como a tolerância ao risco. O próximo passo para continuar a modelagem é definir os comportamentos dos agentes. Comportamentos comuns incluem operações e planejamento. Algumas características incluem regras de decisão para selecionar as ações, as capacidades de adaptação para aprender com as experiências e as capacidades perceptivas de perceber seus arredores.

Casti (1998) define basicamente dois níveis de regras do agente. O primeiro nível refere-se à regras baseadas em agentes. Estas regras especificam como o agente responde a eventos de rotina. O segundo

nível contém as "regras para mudar as regras baseadas em agentes", que proporcionam adaptação, permitindo que respondam às mudanças ao longo do tempo. Os agentes têm conjuntos de regras de decisão que regem seus comportamentos. Estas regras permitem que os agentes interajam e se comuniquem com outros agentes, bem como para responder aos seus ambientes.

O primeiro passo seguido pelos agentes é a avaliação do seu momento atual. O segundo passo é a execução das ações que eles têm escolhido e o terceiro passo é a avaliação dos resultados de suas ações e de adaptação das suas regras baseadas nos resultados. Essas etapas podem ser realizadas com o uso de regras simples, regras complexas, técnicas avançadas, programas externos, ou mesmo subagentes aninhados.

De acordo com o North e Macal (2007) o princípio básico do ABMS é: sistemas são maiores do que a simples soma de seus componentes; de fato, o comportamento do sistema emerge das inter-relações entre esses vários componentes. Cada um desses componentes tem seu próprio conjunto de regras e comportamentos, que lhes proporciona a capacidade de afetar em maior ou menor grau o comportamento global do sistema.

Em geral, esses componentes são chamados de agentes na literatura. Rocha (1999) e Bandini *et al.* (2009) alertam que a noção de agente é controversa, uma vez que o termo "agente" tem sido utilizado por diferentes áreas da ciência. De acordo com Gilbert (2008) os agentes são partes distintas de um programa de computador que são usados para representar os atores sociais como pessoas individuais, organizações de tais empresas, ou organismos como Estados-nação. North e Macal (2007) definem agentes como componentes tomadores de decisões em sistemas adaptativos complexos. Para eles, um agente é um indivíduo que tem um conjunto de atributos e comportamentos que podem ser definidos como o coração da ABMS.

Algumas descrições incipientes contemplam quatro características importantes para os agentes (Wooldridge e Jennings, 1995):

- autonomia: agentes operam sem a intervenção direta de humanos ou outros, e tem algum tipo de controle sobre suas ações e estado interno;
- habilidade social: agentes interagem com outros agentes (e possivelmente humanos) através de algum tipo de linguagem de comunicação entre agentes;
- reatividade: agentes percebem o ambiente (que pode ser o mundo físico, um usuário via uma interface gráfica, uma coleção de outros agentes, a *internet*, ou talvez todos esses combinados), e respondem de forma oportuna às mudanças que ocorrem nele;
- pró-atividade: agentes não agem simplesmente em resposta ao seu ambiente, pois eles são capazes de exibir comportamento *goal-directed* por tomar a iniciativa.

Gilbert (2008) define meio ambiente como sendo o espaço simulado, onde um agente é encontrado com os elementos físicos e outros agentes. Segundo Bandini *et al.* (2009), no contexto específico de simulação o ambiente normalmente é responsável por:

- refletir / gerenciar a estrutura do arranjo físico / social de todo o sistema;
- incorporar, apoiar a regulamentação do acesso de objetos e partes do sistema que não são modelados como agentes;
- apoiar a percepção do agente;
- manter a dinâmica interna;
- definir / aplicar as regras.

Ao contrário de outros paradigmas ou métodos de modelagem conhecidos, ocorre uma falta de consenso universal para o conceito-chave da ABMS (Schieritz e Milling, 2003; Borschev e Filippov, 2004). Para os autores, esta deficiência ocorre em função da diversidade de áreas de ciência que utilizam o conceito de agente. Porém, apesar de sua importância, Jennings, Sycara e Wooldrige (1998) argumentam que essa indefinição não representa um sério obstáculo para o progresso da técnica. Axelrod (2006) vê nessa diversidade um dos pontos fortes da ABMS, uma vez que permite aos pesquisadores estudar os problemas que ultrapassam os limites arbitrários entre suas disciplinas. Este autor apresenta os seguintes argumentos em favor desta perspectiva:

- ABMS pode resolver alguns problemas que são fundamentais para muitas disciplinas;

- ABMS facilita a colaboração interdisciplinar;
- ABMS fornece uma ferramenta útil multidisciplinar, quando a matemática é intratável;
- ABMS podem revelar a unidade entre as disciplinas.

Bonabeau (2002) identifica três benefícios do ABMS sobre outras técnicas de modelagem. O primeiro benefício é a capacidade de capturar fenômenos emergentes. Os fenômenos emergentes têm a característica que os tornam difíceis de entender e prever. Em muitos casos eles podem ser contra-intuitivos. O segundo benefício apontado é a capacidade de fornecer uma descrição natural do sistema. ABMS faz o modelo parecer mais próximo da realidade. Por exemplo, é mais natural descrever como os clientes se movem em um supermercado do que equacionar a dinâmica da densidade de clientes. Finalmente, o terceiro benefício apontado é a flexibilidade de modelagem. ABMS também pode fornecer um quadro natural de ajuste da complexidade dos agentes: o comportamento, o grau de racionalidade, a capacidade de aprender e evoluir, e as regras de interações. Outra dimensão do ponto de flexibilidade é a capacidade de alterar os níveis de descrição e de agregação.

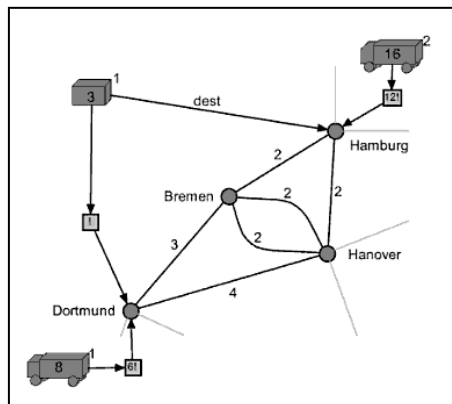
Como outros métodos, o ABMS tem algumas limitações e desvantagens. A falta de definições de consenso, já discutidas acima, pode fornecer um sério obstáculo à adoção do método e desenvolvimento. Uma consequência desta limitação é refletida nas ferramentas ABMS. Muitas dela são do tipo não-amigáveis. Tal fato foi muito importante para a popularização do método SD.

Como a maioria dos teóricos equaciona modelos através de modelos matemáticos, não é surpreendente que alguns deles sejam difíceis de convencer sobre a conveniência e valor de uma simulação baseada em agentes (Axelrod, 2006). Outro inconveniente importante do método é a grande exigência computacional do ABMS quando se trata de modelagem de sistemas de grande porte. ABMS aborda um sistema não a nível agregado, mas a nível de suas unidades constituintes. Neste caso, simular o comportamento de todas as unidades pode ser uma computação intensiva e, portanto, extremamente morosa (Bonabeau, 2002).

A abordagem de ABMS, aplicada à logística é relativamente nova e tem sido estudada por alguns grupos de pesquisa como o *Collaborative Research Centre 637 Autonomous Cooperating Logistic Processes*, em Bremen, Alemanha, que atua desde o ano de 2004 no intuito de detectar quando e como o controle autônomo pode ser mais vantajoso do que o controle clássico, especialmente com relação ao tempo, custos e robustez. Segundo Hölscher *et al.* (2007) uma forma de explicar mais diretamente seu uso ao problema logístico se dá ao tratar cada contêiner, caminhão, empresa e navio como sendo um agente autônomo, os quais tem regras a serem seguidas de modo a alcançarem suas metas individuais (por exemplo: a meta do contêiner é sair da empresa A e chegar no destino B dentro de Z dias). De posse destas informações, autonomamente, os agentes analisam as possibilidades de atuação e fazem suas decisões. Tal característica permite a criação de um sistema descentralizado, porém com autonomia.

Como ilustração, na Figura 22 consta exemplo simplificado da modelagem ABMS de um problema de logística de transporte, conforme propõem Hölscher *et al.* (2007). Uma rede de transportes é um grafo no qual os nós representam localizações; ou seja, depósitos, onde os pacotes (mercadorias) podem ser coletados ou entregues. As arestas representam as conexões entre os depósitos. Cada aresta é rotulada com o tempo que é necessário viajar ao longo da conexão que é representada pela aresta.

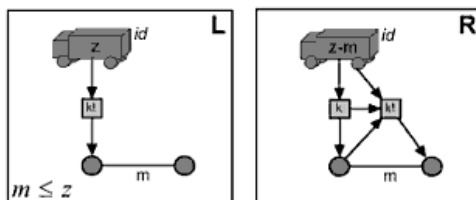
Figura 22 - Rede de transporte representada por um grafo



Fonte: Hölscher *et al.* (2007).

A Figura 22 mostra um pequeno excerto da rede de transporte contendo depósitos nas cidades de Dortmund, Bremen, Hamburg e Hanover. Caminhões e pacotes são modelados como agentes autônomos. As instâncias desses agentes autônomos são representadas como sendo nós especiais com identificadores únicos. No exemplo apresentado a rede de transporte contém dois caminhões (1, 2) e um pacote (1). Os nós dos caminhões são rotulados com um número, que representa a quantidade de tempo que o caminhão pode estar se movendo. Neste caso ao caminhão 1 é permitido mover-se por oito horas, enquanto o caminhão 2 pode mover-se por dezesseis horas (pode estar equipado com dois motoristas). Ambos os nós dos caminhões estão conectados a um nó retangular que está rotulado com um número e um ponto de exclamação. O número define a capacidade de carga do caminhão, neste caso particular especificada em toneladas. O caminhão 1 tem capacidade de 6 toneladas, e o caminhão 2 pode carregar até 12 toneladas. O ponto de exclamação indica o nó do *tour* em curso. O nó do pacote é rotulado com um número que especifica seu peso. Ele também é conectado a um nó retangular do *tour*, o qual por sua vez, é conectado ao depósito que no momento detém o pacote. Analogamente o ponto de exclamação do nó do *tour* do caminhão indica o nó do *tour* do pacote e, a aresta rotulada ‘dest’ conecta o nó do pacote com seu depósito de destino, isto é, o depósito ao qual o pacote deve ser entregue.

Apesar de ser um novo conceito aplicado a problemas logísticos, as pesquisas defendem que esta ferramenta proporciona um controle descentralizado da cadeia de suprimentos, incluindo o processamento da informação local, onde os agentes podem passo a passo, tomar uma boa decisão. No exemplo acima, tanto os caminhões como o pacote são definidos como sendo “agentes”, que negociam entre si em busca de uma boa solução: efetuar o transporte do pacote do ponto de origem até o ponto de destino, ocupando um dos caminhões e concomitantemente respeitando as restrições de tempo de operação diária e capacidade de carga. A unidade de transformação do caminhão contém uma regra para planejar o *tour*. Na Figura 23 pode ser visualizada esta regra.

Figura 23 - Arranjo de um *tour* de caminhão

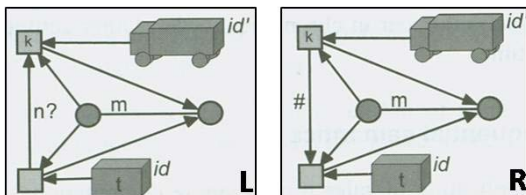
Fonte: Hölscher *et al.* (2007).

A aplicação desta regra estende-se ao *tour* do caminhão em curso, adicionando-se uma seção de *tour* partindo do depósito em curso rumo a um depósito adjacente. O tempo remanescente de viagem z do caminhão deve ser pelo menos tão grande como o tempo de viagem m entre os depósitos, expresso pela condição $m \leq z$. A aplicação da regra define a seção de *tour* recentemente adicionado (representado pelo nó do *tour* adicionado) como em curso, e reduz o tempo de viagem do caminhão pelo tempo que é necessário dirigir até o depósito adjacente.

A aplicação desta regra também é válida para o *tour* do pacote, porém a regra não deve ser aplicada se o depósito adjacente já é o depósito alvo do pacote. Após planejar seu *tour* o pacote deve ser coletado por um caminhão. Neste exemplo, o pacote possui uma regra que faz uma oferta a um caminhão ‘passante’, podendo ser aplicada se a seção de *tour* do caminhão coincidir com a seção do pacote e a capacidade de carga k do caminhão para esta seção for suficiente para o transporte do pacote ($t \leq k$). A aplicação da regra insere uma nova aresta no ambiente, conectando o nó do *tour* do pacote ao nó do *tour* do caminhão. A aresta é rotulada com a atual oferta n e um ponto de interrogação, indicando que uma oferta de transporte foi feito para a quantidade de n unidades (monetárias, de peso, de tempo de viagem).

Na seqüência o caminhão tem duas regras para tratar das ofertas dos pacotes: recusá-la ou aceitá-la. No primeiro caso ele especifica a rejeição da oferta do pacote ao apagar a aresta que representava a oferta e inserindo uma aresta direcionada reversamente, rotulada com ‘#’, conforme a Figura 24. Neste caso o pacote não pode fazer outra oferta.

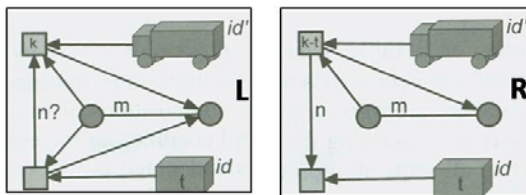
Figura 24 - Recusa de uma oferta



Fonte: Hölscher *et al.* (2007).

No caso de aceitá-la, uma aresta representando a oferta é removida e uma aresta direcionada reversamente é inserida, rotulada com n , indicando que o caminhão transporta o pacote nesta seção de seu *tour* por um pagamento de n . Ao mesmo tempo o peso t do pacote é subtraído da capacidade de carga k do caminhão para a correspondente seção do *tour*. Ver Figura 25.

Figura 25 - Aceite de uma oferta



Fonte: Hölscher *et al.* (2007).

Considerando a existência de diversos pacotes, bem como diversos caminhões e destinos ao mesmo tempo, é possível realizar o transporte sequencial ou em paralelo, além de concorrente (ver Hölscher *et al.*, 2007). Os dois primeiros processos estabelecem uma ordem cronológica das atividades do sistema. Em geral produzem resultados diferentes. Considere um autômato celular, onde o passo de transição de todos os autômatos finitos ligados depende do estado de seus vizinhos. Aqui um passo computacional paralelo de algum autômato poderia mudar o contexto do outro autômato tal que etapas posteriores rendem diferentes configurações.

De acordo com Macal e North (2006) os passos gerais para se construir um modelo baseado em ABMS são os seguintes:

1. Agentes: identificar os tipos de agentes e outras classes de objetos, bem como seus atributos.
2. Ambiente: definir o ambiente onde os agentes irão atuar e interagir.
3. Método do agente: especificar os métodos pelos quais os atributos dos agentes são atualizados em resposta tanto às interações do tipo agente- agente quanto às do tipo agente-ambiente.
4. Interações do agente: adicionar os métodos que controlam quais agentes interagem, quando eles interagem e como eles interagem durante a simulação.
5. Implementação: implementar o modelo de ABMS em um *software* computacional.

5.6 MODELAGEM PARA PROCESSOS LOGÍSTICOS AUTÔNOMOS

Em geral redes de grande escala tendem a falhar na presença de alta flutuação da demanda ou distúrbios inesperados (Kim e Duffie, 2004). Uma das razões é que a complexidade de arquiteturas de controle centralizado tende a crescer rapidamente com o tamanho da rede, resultando em rápida deterioração da tolerância a falhas, adaptabilidade e flexibilidade (Prabhu e Duffie, 1995).

Para Scholz-Reiter *et al.* (2004) uma alternativa vantajosa para gestão do comportamento dinâmico é o desenvolvimento de uma estratégia de controle descentralizada e autônoma. Devem ser desenvolvidas estratégias que habilitem os agentes a decidirem autonomamente, instantaneamente e usando a informação local disponível somente para escolher entre as diferentes alternativas.

Na literatura constam diversas tentativas de representação de políticas de controle autônomo. As primeiras tentativas sugerem para ajustar a política do tempo 'vá para a primeira máquina com o menor tempo de processamento' ou 'vá para a máquina com o menor nível de gargalo. Mais sofisticadas estratégias de controle autônomo podem ser encontradas em sistemas biológicos. O trabalho de Camazine *et al.* (2001) apresenta uma boa visão sobre essa aplicação. Seus estudos de caso compreendem insetos sociais, bolores, bactérias, casca de besouros,

vagalumes e peixes. De acordo com os autores auto-organização biológica pode ser encontrada em comportamentos de níveis de grupos que surgem na maioria dos casos através de ações individuais locais que são influenciadas por ações dos vizinhos ou predecessores e em estruturas que são construídas conjuntamente pelos indivíduos. Um exemplo é o caso de uma formiga que ao encontrar alimento deixa um rastro de feromônio ao retornar para o ninho. Alterando o ambiente, formigas sucessoras podem simplesmente seguir o trilho e encontrar o alimento, as quais por sua vez reforçam o rastro com seu feromônio (Parunak, 1997).

De acordo com Scholz-Reiter *et al.* (2007-a), a Otimização por Colônia de Formigas usa o *feedback* positivo com a ajuda do feromônio artificial para resolver problemas de otimização discreta como o problema do caixeiro viajante e o problema de atribuição quadrática.

Um conceito que utiliza a interação entre os vizinhos mais próximos, mas que não se baseia em feromônio é a idéia do *bucket brigade*¹⁶, a qual foi introduzida por Bartholdi e Eisenstein (1996). No intuito de desenvolver e analisar estratégias de controle autônomo modelos dinâmicos são necessários. Na literatura são encontrados alguns modelos aplicáveis a sistemas de produção, divididos em modelos discretos e contínuos.

Modelos discretos são baseados na consideração de partes individuais em uma rede de máquinas. Redes de filas podem ser usadas para modelar sistemas complexos de manufatura. A vantagem de tais modelos é a possibilidade de atribuir regras de decisão à máquinas e peças e, disciplinas conservadoras como a prioridade FIFO (*first in, first out*) permitem estabilidade no caso de condições normais de trânsito, o que requer que a carga seja menor que a capacidade de cada máquina. É possível ainda obter um sistema de equações diferenciais descrevendo o comportamento de um processo de fila como uma aproximação

¹⁶ Considera que existem em uma linha de produção n trabalhadores movendo-se entre m estações, onde cada trabalhador independente segue uma regra simples que determina o que fazer na seqüência. Se os trabalhadores são seqüenciados do mais lento ao mais rápido então, independentemente da estação em que iniciem suas atividades, uma partição estável de trabalho espontaneamente emerge.

contínua. A vantagem dessa abordagem é que métodos da teoria dos sistemas dinâmicos podem ser usados.

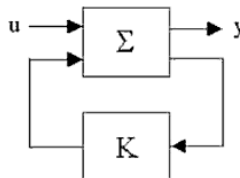
O objetivo maior da logística de produção é desenhar e organizar os processos produtivos de acordo com a alta utilização, baixo estoque e trabalhos em processo, além de buscar curtos tempos de produção e garantir alta aderência a datas de entrega (Scholz-Reiter *et al.*, 2007-a). Os dois primeiros objetivos ocorrem no nível operacional enquanto os outros dois focam no consumidor, cabendo à empresa ou grupos de empresas colaboradoras, definirem suas metas entre estes objetivos a fim de encontrar um ponto de equilíbrio para toda a cadeia de suprimentos.

A alocação das ordens ou tarefas aos recursos compreende ter o seguinte: a) os produtos ou serviços certos; b) no momento certo; c) na quantidade certa; d) no local certo. A seguir será apresentado como um controle autônomo pode controlar essa demanda em ambientes dinâmicos.

Por autonomia de um processo logístico entende-se a capacidade do processo em determinar como reagir a certas mudanças no ambiente, sejam elas flutuações na demanda ou na taxa de produção necessária, falhas em alguns componentes ou mudanças nas funções necessárias do processo.

Matematicamente Scholz-Reiter *et al.* (2007-a) modelaram um processo autônomo como um sistema *input-output* que é regulado pelo seu próprio *feedback* com um possível *feedback* dinâmico, isto é, um *feedback* capaz de usar a memória do sistema para calcular o controle do *input*, ver Figura 26.

Figura 26 - Laço de *feedback*



Fonte: Scholz-Reiter *et al.* (2007-a).

Como exemplo pode-se considerar um sistema com duas máquinas e dois pulmões: assuma que devido à demanda do consumidor certa peça precisa ser processada dentro do sistema. Na abordagem convencional uma entidade controladora central decide baseada em informações globais em qual sistema máquina-pulmão a peça é processada. Em contraste, no controle autônomo a peça é habilitada para escolher o sistema máquina-pulmão autonomamente, baseada em informações locais, as quais são de acesso da peça.

5.7 MODELAGEM DO PROBLEMA DE TRANSPORTE COLABORATIVO COM O USO DO MÉTODO ABMS

No intuito de modelar o problema de transporte colaborativo existente entre as indústrias exportadoras e os armadores marítimos, alguns estudos foram feitos por Silva *et al.* (2010-a, 2011-c) dentre outros. É válido comentar que no trabalho de Silva *et al.* (2011-c) foi apresentado um estudo preliminar que utiliza-se do método ABMS. O objetivo do estudo se dá em função do problema ser muito complexo, envolvendo diferentes variáveis e agentes, o que não permite a resolução manual do mesmo. Sendo assim, o que se propõe é a investigação do funcionamento do método ABMS bem como sua aplicabilidade ao problema de estudo, buscando definir os principais agentes do modelo, suas atribuições além de definições de algumas regras iniciais de ação dos agentes. A etapa seguinte proposta consiste em estabelecer cenários envolvendo os principais agentes existentes no transporte marítimo, para melhor analisar a dinâmica do comportamento de negociação.

No desenvolvimento do modelo proposto pelos autores supracitados, o comportamento do ambiente é julgado como sendo dinâmico, com demandas de transporte aleatória, que requerem alocações dos produtos manufaturados em contêineres. Ambos os participantes na logística marítima são julgados como sendo agentes autônomos, observando as restrições impostas e tomando decisões sobre o comportamento apropriado entre a origem da carga e seu destino final, de modo a alcançar uma solução exequível para a rede logística.

Um ponto importante que é salientado refere-se ao conjunto de vantagens a ser oferecidos aos participantes da cadeia colaborativa: no intuito das indústrias exportadoras permitirem aos armadores alterações nas datas de carregamento e de entrega das cargas nos destinos finais, deve haver um ganho com a redução do frete resultante das cargas

conjuntas; o que significa que os custos da colaboração devem ser inferiores aos custos de atuação individual por parte de cada indústria. E assim, portanto, o modelo deve compreender uma sistemática de distribuição desses ganhos de modo a tornar atrativa a participação das empresas nessa rede colaborativa. Segundo os autores, um modo possível de distribuir esses ganhos é através do uso do *valor de Shapley*, que é melhor descrito em Shapley (1953).

Quando se modela um problema utilizando o método ABMS, deve-se levar em consideração de maneira minuciosa os principais agentes envolvidos e seus respectivos detalhes (informações intrínsecas), conforme já exposto na Figura 20. De acordo com Silva *et al.* (2011-c) para a modelagem do transporte colaborativo marítimo deve-se levar em conta o volume de carga operado pelas indústrias, os custos de estocagem, os custos de carregamento/descarregamento, os preços dos fretes a serem pagos (aéreos, terrestres, ferroviários, para disponibilizar as cargas até os portos e, marítimos), bem como os benefícios e danos a serem oferecidos aos colaboradores.

Como já mencionado anteriormente, não existe um modelo padrão para se modelar um problema utilizando-se do ABMS. Portanto, os autores supracitados definiram para o problema em estudo os seguintes agentes: indústria, NVOCC, armador e cliente final. Para representar tais agentes foi utilizado um diagrama de classe do tipo UML - *Unified Modeling Language*¹⁷. Por exemplo: um agente do tipo “indústria” é representado pelos seguintes atributos: nome do agente, carregamento, data final para efetuar o carregamento, custos, volume de carga e destino da carga.

No modelo proposto, o ambiente consiste do mercado onde os agentes negociam o transporte. Por exemplo: um ambiente variável pode oferecer rotas e preços associados a estas. O próximo passo é especificar como os atributos dos agentes são atualizados durante a simulação em

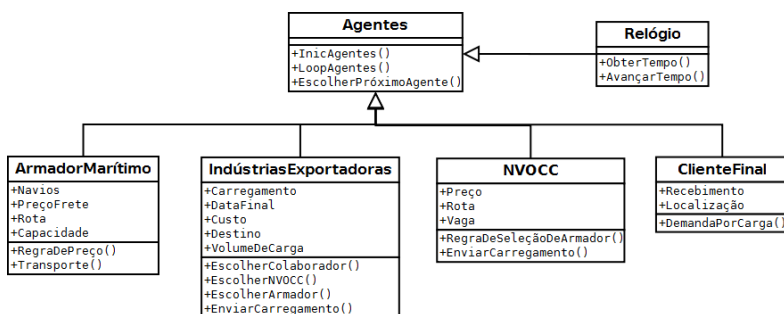
¹⁷ Termo traduzido para o português como sendo Linguagem de Modelagem Unificada. É uma linguagem de modelagem que permite aos desenvolvedores de modelos visualizarem os produtos de seus trabalhos em diagramas padronizados. Esta linguagem busca especificar, documentar, estruturar para sub-visualização e maior visualização lógica do desenvolvimento completo de um sistema de informação. Resumidamente, UML é um modo de padronizar as formas de modelagem computacional.

resposta às interações entre agentes e entre agentes e ambiente. Como exemplo, uma interação pode ser a escolha de um armador marítimo ou a escolha da rota a ser utilizada.

No quarto passo ocorre a definição dos métodos que controlam como os agentes irão interagir. No modelo proposto a cada período de tempo deve ser resolvida a seguinte seqüência: procurar um colaborador, escolher um NVOCC e/ou um armador marítimo e finalmente, enviar o carregamento. A representação desses agentes, seus atributos e regras podem ser vistos no diagrama de classe UML da Figura 27.

Finalmente, o último passo contempla a implementação do modelo em uma ferramenta apropriada. Existem diversas ferramentas de modelagem disponíveis e o passo de seleção deve ser feito um passo à frente, o que não foi feito por Silva *et. al* (2011-c), uma vez que os autores não pretendiam avançar na pesquisa nesse sentido e sim apenas, concentrar-se em realizar os estudos preliminares de compreensão do ABMS aplicado ao problema de transporte colaborativo.

Figura 27 - Diagrama de classe UML para os agentes



Fonte: Adaptado de Silva *et al.* (2011-c).

Como se pode ver, ao modelar um problema com o uso de ABMS, o nível de detalhamento envolvido é elevado e muitas informações devem ser consideradas. Para se obter tal nível de detalhamento cada um dos agentes envolvidos é tratado de maneira individualizada e assim o número de informações aumenta significativamente com o aumento do número de indivíduos.

Assim, para modelar o problema de transporte colaborativo, desenhou-se um fluxograma o qual apresenta de maneira sucinta os passos (decisões) que devem ser tomadas pelos agentes a cada iteração. Na ocasião, cada agente (indústria, carga/contêiner, armador marítimo, cliente final) é tratado de maneira individualizada, contendo informações diferenciadas entre cada agente de uma mesma classe. Por exemplo: indústria A encontra-se na cidade X e possui uma demanda de transporte marítimo de z contêineres. Cada contêiner por sua vez possui um destino final diferente que deve ser levado em consideração. Já a empresa B encontra-se na cidade Y e possui uma demanda de transporte marítimo de $z + n$ contêineres. Sendo assim, o nível de abstração dos agentes é de baixo a médio nível (conforme explicado na Figura 20), portanto, justificando-se o uso do método ABMS para a modelagem do problema. A Figura 28 apresenta através de seis etapas a descrição do modelo inicialmente idealizado:

1. As empresas, de forma independente e dissociada, realizam seus respectivos planos de negócio que tratam da venda de seus produtos manufaturados. A partir desse plano as áreas de planejamento logístico passam a criar um plano de armazenagem e transporte. Nessa etapa, o modelo proposto interage com os planos individuais criando um planejamento colaborativo de transporte, inicialmente até o porto de origem, considerando datas de carregamento e entrega no destino bem como definição dos volumes (contêineres). O transporte colaborativo inicia-se já nesta etapa, onde o planejamento é elaborado de maneira conjunta, bem como o transporte terrestre (utilizando de um mesmo caminhão, por exemplo, para transportar os volumes das empresas A e B);
2. Realiza-se a roteirização do caminhão entre as empresas colaboradoras até o porto de origem;
3. Verifica-se a possibilidade de embarque imediato no navio ou aguardo no pátio do porto;
4. Navio verifica se há carga para embarque ou desembarque nos portos de sua rota e opta por atracar ou não nos mesmos;
5. Uma vez embarcado, o contêiner pode seguir no mesmo navio diretamente até o porto de destino ou optar pelo descarregamento em algum porto da rota para obter melhor data de chegada no destino ou melhor custo, considerando a possibilidade de antecipação ou de postergação na

entrega da mercadoria. A colaboração nesta etapa atinge não só os níveis de planejamento operacional, mas também as áreas diretamente ligadas às do negócio. As áreas de vendas das empresas exportadoras deverão concordar em adiantar ou atrasar entregas a seus clientes, optando por flexibilizar ou não as janelas de tempo;

6. A seqüência do modelo irá fechar o mecanismo propondo um conjunto viável maximizado das rotas conjugadas. A programação do transporte será a execução do transporte dos pedidos de exportação em carteira, buscando a minimização dos custos e atendimento de datas, encerrando o ciclo.

A função objetivo do modelo deve buscar a minimização da conta frete de todo o sistema. Isto é possível ao permitir a conjugação de cargas entre as empresas ao compor os contêineres, ao mesmo tempo em que utilizam o mesmo transporte terrestre até posicionar a carga no porto de origem. Também é possível obter a redução do frete com o transporte marítimo, buscando rotas de melhor custo-benefício e, ao permitir alterações nas datas de carregamento e descarregamento da carga no destino final.

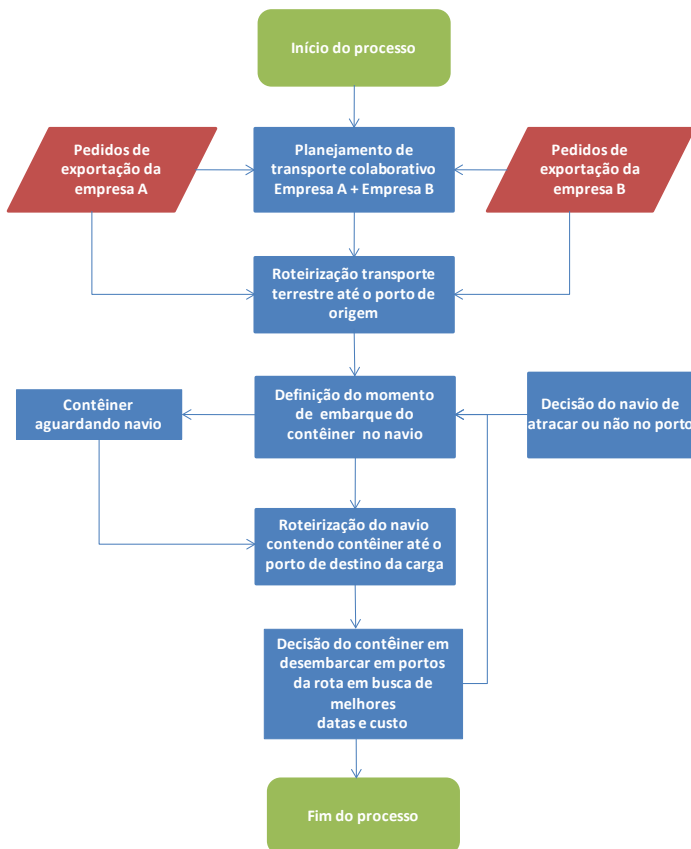
Na prática grande parte dessas alterações de datas, principalmente de entregas, pode ser realizada sem qualquer adicional de custo porque o nível de serviço habitual não contempla janelas de tempo tão rígidas para a entrega das cargas, principalmente em se tratando de exportação, quando há inúmeras variáveis no processo.

A conjugação de carga a princípio pode parecer um evento simples, mas na prática a combinação de inúmeras possibilidades entre os colaboradores do sistema torna complexa a sua execução. Assim, para se obter êxito na resolução desse problema de transporte colaborativo faz-se indispensável a implementação de um modelo estruturado de modo que o sistema apresente uma solução factível e viável, com custo total final inferior ao custo obtido com as rotas formadas pelas empresas individualmente.

Uma vez implementado um modelo de simulação com o ABMS, espera-se visualizar o comportamento individual dos agentes bem como o comportamento do sistema, no intuito de observar o surgimento ou não de uma colaboração efetiva entre os mesmos, que gere economias

de escala a serem repassadas aos colaboradores no intuito de melhorar a eficiência da logística, como de fato propõe a abordagem de transporte colaborativo.

Figura 28 - Fluxograma geral do modelo proposto



Fonte: Silva *et al.* (2010 –a).

5.8 SYSTEM DYNAMICS

SD, traduzido para o português como Dinâmica de Sistemas, é um método de simulação desenvolvido por Jay Wright Forrester (Forrester, 1958) no MIT - *Massachusetts Institute of Technology*, a partir dos conceitos de servo-mecanismos (Brown e Campbell, 1948), sendo suas idéias e os métodos aplicáveis aos sistemas naturais,

humanos e técnicos, combinando a teoria e a simulação computacional com a aplicação prática em problemas reais.

A pesquisa de Forrester se iniciou com o desenvolvimento de sistemas de controle de retroalimentação para equipamentos militares, e projetos que envolviam a teoria matemática de controle e de estabilidade no campo de operação militar, como por exemplo, a construção de controles hidráulicos. Em seguida, foi desenvolvido um simulador de vôo, com o objetivo de mostrar o comportamento de uma aeronave antes da construção da mesma (Loureiro, 2009). Apesar de ser uma abordagem de modelagem, o SD incorpora diversos elementos típicos da estratégia de estudo de caso (Sanches, 2009).

O surgimento do SD deu-se em função de lidar com problemas caracterizados pela complexidade dinâmica, isto é, sistemas onde as ações de um determinado agente geram reações em outros agentes, também chamado de *feedbacks* (Sanches, 2009). Conceitualmente, o conceito de *feedback* é o cerne da abordagem do *System Dynamics*. Intuitivamente, um *loop* de *feedback* existe quando uma informação resultante de alguma ação percorre o sistema e eventualmente retorna de alguma maneira a seu ponto de origem, potencialmente influenciando uma ação futura. Se a tendência do *loop* é reforçar a ação inicial, é chamado de positivo ou de reforço; se a tendência é opor-se à ação inicial, é chamado de negativo ou de balanço. O sinal do *loop* é chamado de polaridade (Sterman, 2000). Para Forrester (1961), estas reações podem estar defasadas no tempo e espaço sendo na maioria das vezes caracterizadas como funções não-lineares.

Sterman (2000) aponta uma outra característica importante dos sistemas complexos como sendo a adaptabilidade dos agentes ao longo do tempo, os quais aprendem com os resultados passados. Tais características tornam muito difícil a análise de uma situação e, normalmente, os tomadores de decisão acabam por optar por decisões de repercussão a curto prazo, o que leva à reações nos demais agentes e, a longo prazo a situação pode ser pior que a inicial.

Sanches (2009) ressalta sobre a importância da compreensão de alguns conceitos fundamentais para a implementação do método de SD: sistemas, pensamento sistêmico e modelagem. Sistema, na definição de Bertalanffy (1975), é um conjunto de elementos que interagem entre si no desempenho de uma função. Os sistemas têm limites, os quais

demarcam as interfaces que separam elementos pertencentes ao sistema (subsistemas ou subunidades) de elementos que não pertencem ao sistema. Pensamento sistêmico é a habilidade de visualizar o mundo como um sistema complexo, onde “tudo está interconectado a tudo”, não sendo possível agir em uma parte isolada do sistema (Sterman, 2000). Com esta visão holística (integral) é possível encontrar as ações que sejam capazes de gerar resultados consistentes.

Para o autor supracitado existem dois grandes grupos de complexidade nos sistemas: combinatória e dinâmica. Os sistemas com complexidade combinatória são caracterizados por possuírem uma grande quantidade de informações e alternativas de solução. Um exemplo apontado por Sanches (2009) seria um problema de roteirizar entregas de cargas, onde existe um número muito grande de rotas alternativas a serem traçadas.

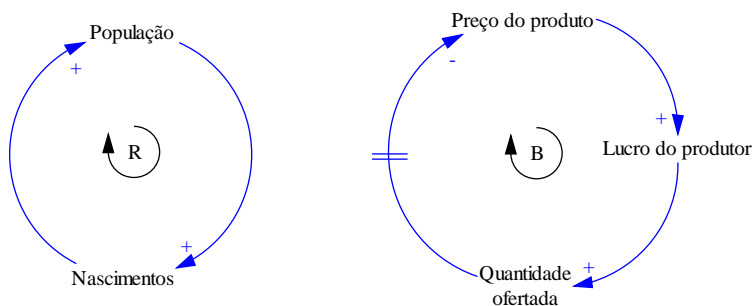
Já a complexidade dinâmica é caracterizada por ações de um determinado agente que geram reações de outros agentes que podem estar defasadas no tempo e no espaço. Estas características fazem com que os tomadores de decisão, ao lidar com sistemas com complexidade dinâmica, muitas vezes optem por políticas que não geram os resultados almejados, ou até mesmo, geram situações piores do que as iniciais. Um bom exemplo desse tipo de sistema complexo é o caso da política de aumentar a capacidade das estradas como forma de reduzir os congestionamentos. Na maioria das vezes, os tomadores de decisão ignoram que o aumento da capacidade das rodovias torna mais atrativo para as pessoas mudar-se para regiões mais distantes do centro da cidade criando, no médio e longo prazo, um fluxo novo de veículos que acabam por gerar novamente os congestionamentos (Sterman, 2000, p. 177).

Um diferencial do método SD é sua forma de modelagem, que possui duas linguagens fundamentais: diagramas/círculos causais (*causal loop diagram*) e diagramas de estoques-fluxos (*stock and flow diagram*). Estas linguagens permitem ao modelador ilustrar de forma gráfica o modelo para todas as pessoas envolvidas, a fim de obter a participação destas na construção do modelo. Além disto, a linguagem de estoques-fluxos serve como base para a construção dos modelos computacionais que permitirão a simulação das diferentes políticas.

A linguagem de diagramas causais, uma linguagem icônica, é normalmente utilizada em estágios iniciais do processo de modelagem e

busca um entendimento inicial das relações de causalidade de uma forma fácil de ser entendida e criticada por pessoas leigas na área. No lado direito da Figura 29 a metodologia mostra a relação de causalidade entre variáveis, no exemplo preço do produto, lucro do produtor e quantidade ofertada. A direção da seta mostra que o preço do produto influencia o lucro do produtor e não vice-versa. O sinal positivo (+) mostra que a influência é diretamente proporcional, isto é, quanto maior o preço do produto, maior o lucro ou quanto menor o preço, menor o lucro. O sinal negativo (-) simboliza que a relação de causalidade é inversamente proporcional, isto é, quanto maior a quantidade ofertada, menor será o preço. Note que existe um atraso (na linguagem de SD denomina-se *delay*), na relação entre quantidade ofertada e preço. Este atraso é representado pelos dois riscos paralelos na seta da relação de causalidade.

Figura 29 - Diagramas causais de reforço e de balanço

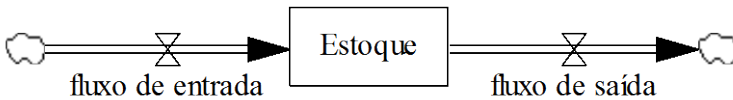


Fonte: Sterman (2000).

De acordo com a metodologia de *System Dynamics*, sistemas complexos podem ser explicados pela interação de duas estruturas básicas de *feedbacks*: a estrutura de reforço e de balanceamento. O diagrama causal do lado direito é de balanceamento, pois o resultado das inter-relações das variáveis irá gerar uma força em sentido contrário a inicial. No caso, um aumento de preço irá provocar um aumento no lucro e na quantidade ofertada. O aumento da quantidade ofertada por sua vez irá provocar uma redução no preço. Já um diagrama de reforço (lado esquerdo da figura) irá gerar uma força no mesmo sentido. No exemplo, à medida que a população aumenta, aumenta-se o número de nascimentos nessa população, que por sua vez, aumenta o número da população.

Apesar de útil para a compreensão do problema, a simbologia de diagramas causais (*causal loops*) possui uma série de limitações (Richardson, 1986) e por isso, não é utilizada para a geração dos modelos computacionais, sendo comumente empregada a linguagem gráfica baseada em estoques e fluxos (Sterman, 2000) e ainda por variáveis, constantes e atrasos. Para Sterman (2000), uma das limitações mais importantes dos diagramas causais é sua inabilidade em capturar as estruturas de estoque e fluxos dos sistemas. Por “estoques” entendem-se acumulações que servem para mostrar o nível corrente do sistema, podendo ser entendido como sendo uma foto da atual condição do sistema. A mudança dos estoques ocorre de forma gradual ao longo do tempo, sendo representados matematicamente através de integrais. Por “fluxos” entendem-se os mecanismos (taxas) responsáveis pela mudança do nível dos estoques, sendo que os mesmos podem aumentar (entrada) ou diminuir (saída) os estoques com o passar do tempo (Sterman, 2000). Ver Figura 30.

Figura 30 - Estrutura padrão de estoque e fluxos



Fonte: Sterman (2000).

Matematicamente a representação dos fluxos e do estoque se dá de duas maneiras:

Equação integral:

$$\text{Estoque}(t) = \int_{t_0}^t [\text{fluxo de entrada}(s) - \text{fluxo de saída}(s)] ds + \text{Estoque}(t_0), \quad (1)$$

Equação diferencial:

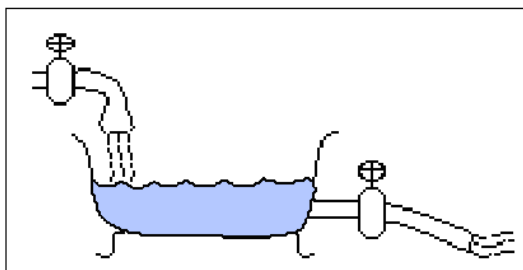
$$d(\text{Estoque})/dt = \text{taxa de mudança no Estoque} = \text{fluxo de entrada}(t) - \text{fluxo de saída}(t). \quad (2)$$

Variáveis podem ser constantes ou elementos auxiliares que assumem valores pré-determinados ou calculados por funções. Os atrasos segundo Sterman (2000) são responsáveis pela instabilidade e

oscilação dos sistemas, podendo ser divididos em duas categorias: atrasos materiais e de informação.

Para exemplificar, o estoque pode ser o nível de água da banheira ou o PIB de um país. No caso da banheira, o fluxo de entrada seria a torneira e o fluxo de saída seria a água do ralo. Ver Figura 31.

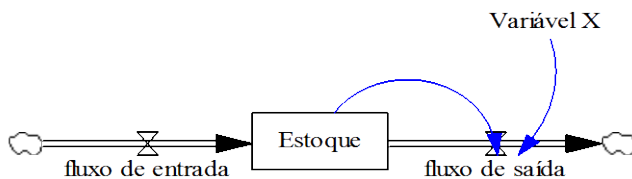
Figura 31 - Metáfora hidráulica de estoque e fluxos



Fonte: Sterman (2000).

Os modelos de SD procuram identificar as variáveis que fazem com que os fluxos aumentem ou reduzam e procuram simular os efeitos destes fluxos e estoques ao longo do tempo (ver Figura 32).

Figura 32 - Diagrama de estoque e fluxos



Fonte: Sterman (2000).

Para cada um dos fluxos, busca-se levantar dados quantitativos ou qualitativos para montar uma equação que o represente. No exemplo da Figura 32, o fluxo de saída depende da quantidade do estoque e do valor da variável (ou conector) X. Estas equações, adicionadas aos estados iniciais dos diferentes estoques, permitem com que as diferentes políticas sejam simuladas.

Resumidamente, Vennix (1996) afirma que a estrutura hierárquica do SD é composta por quatro níveis: limites fechados; ciclos de retroalimentação; estoques e fluxos; metas, condições observadas, discrepâncias entre metas e condições observadas e ações desejadas. Bons modeladores de sistemas complexos precisam ter em mente que os modelos são uma interpretação individual ou coletiva da realidade e que esta interpretação não é exata, uma vez que as pessoas, por possuírem modelos mentais próprios, acabam filtrando as informações que coletam (Sterman, 2002). Assim, recomenda-se que sejam buscados diferentes pontos de vista para a análise de um mesmo problema e que, continuamente questionem-se os modelos utilizados, para que se possa melhorá-los. Outro fato que merece atenção é o fato dos tomadores de decisão saberem gerenciar o dilema entre tomar decisões baseadas em modelos que podem não ser exatos e a busca permanente de melhoria dos modelos. De acordo com Sterman (2000), o grau de sensibilidade dos sistemas complexos para variações nos parâmetros individuais é muito pequena, o que permite aos tomadores de decisão utilizar modelos mesmo que estes contenham dados que não são 100% precisos.

Duas das metodologias mais utilizadas de implementação do *System Dynamics* são propostas por Richardson e Pugh III (1981), contendo 7 etapas, e Sterman (2000), contendo 5 etapas. Apesar de serem similares, aqui será descrita apenas a proposta de Sterman (2000):

1. Definição do problema e do escopo
2. Formulação das hipóteses dinâmicas
3. Montagem do modelo de simulação
4. Testes
5. Escolha de políticas a serem seguidas

Para Sterman (2000), a definição clara do propósito do modelo é a atividade mais importante para o sucesso dos esforços de modelagem, portanto a etapa 1 busca descrever o problema e sua relevância. O objetivo do modelo não deve ser modelar o sistema, mas sim ajudar os tomadores de decisão a reduzir a lacuna existente entre o resultado das políticas atuais e o resultado desejado (Forrester, 1961).

Nesta etapa deve haver a definição da fronteira do modelo a fim de evitar que sejam excluídas alternativas importantes ao modelo, ao mesmo tempo garantindo que a fronteira não se estenda por demasiado, provocando um aumento da complexidade do mesmo, o que dificulta a

tomada de decisão por parte dos usuários do modelo (Keeney, 1992). Para Sterman (2000), o desafio é criar um modelo que seja simples e de fácil compreensão por parte dos tomadores de decisão, e útil para se alterar as políticas do mundo real. Uma outra atividade dessa etapa inicial é a construção dos modelos de referência, os quais devem estender-se para trás o tempo suficiente para entender o surgimento do problema e, estender-se para frente para simular possíveis efeitos.

Na etapa 2, formulação das hipóteses dinâmicas, é feito um esboço do modelo, contendo as relações de causalidade entre as variáveis, descritas de forma escrita e a seguir na linguagem de diagramas causais (Sterman, 2000). Segundo Forrester (1961), o ideal é tentar retratar as características fundamentais do sistema com o menor nível de detalhamento possível. De acordo com Sterman (2000), a construção de modelos baseados fortemente em variáveis exógenas dificulta o entendimento dos motivos com que estas variáveis mudaram. Estes motivos podem ter sido provocados, em parte, por ações dos próprios tomadores de decisão. Ao não considerar estas interações, o modelo limita as opções de políticas a serem analisadas. Deste modo, recomenda-se que os modeladores analisem com cuidado as candidatas a variáveis exógenas para ver se não existe alguma influência dos tomadores de decisão nas variáveis. Caso isto aconteça, elas devem ser tratadas como endógenas.

A etapa 3 consiste da construção do modelo propriamente dita, estimando-se parâmetros e condições iniciais das variáveis do modelo. Esta estimativa deve ser feita buscando dados históricos quantitativos sempre que disponíveis, mas não deve se limitar a eles (Sanches, 2009). Para Forrester (1961), ignorar variáveis que não possuam dados quantitativos é o mesmo que considerar que elas tenham valor nulo no problema o que, muito provavelmente, é um erro. Segundo o autor, devem-se usar informações não quantitativas para estimar os valores destas variáveis. Mesmo que sejam valores aproximados, é preferível a simplesmente ignorá-las.

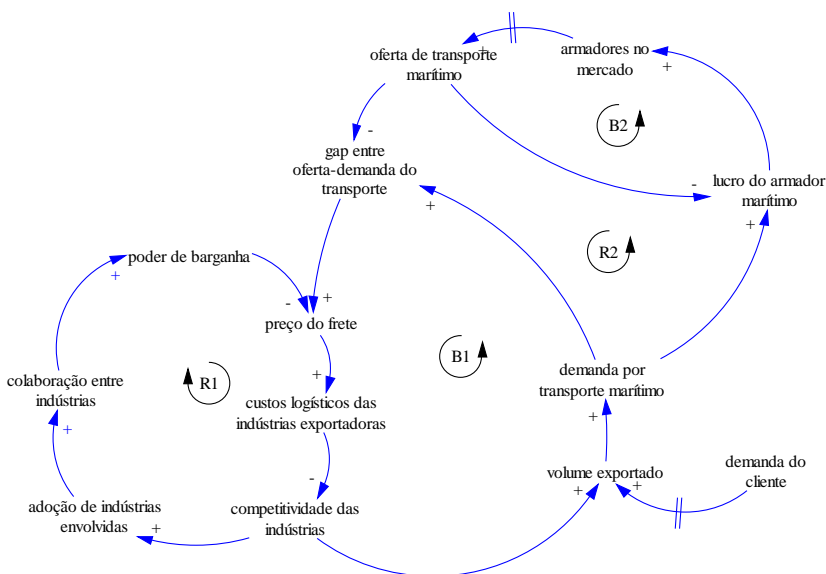
Na etapa 4 iniciam-se os testes. Os primeiros testes visam garantir a aderência dos resultados gerados pela simulação *versus* os modelos de referência, de modo a garantir que o modelo proposto esteja retratando de forma fidedigna o mundo real. Os testes das hipóteses buscam garantir a adequação das decisões tomadas na etapa da conceituação do sistema, isto é, a consistência, grau de sensibilidade e robustez do

modelo (Sanches, 2009). De acordo com Churchman (1973) “um ponto de vista, ou um modelo, é realista na medida em que possa ser adequadamente interpretado, entendido e aceito por diferentes pontos de vista”. Portanto, os testes são fundamentais para buscar expor as limitações dos paradigmas e dos modelos usados atualmente para a tomada de decisão, devendo ser iterativas as etapas de construção da teoria e dos testes. Por fim, a etapa 5 consiste da simulação de diferentes políticas a serem adotadas para resolver o problema e a escolha da política a ser implementada.

5.9 MODELAGEM DO PROBLEMA DE TRANSPORTE COLABORATIVO COM O USO DO MÉTODO SD

No intuito de modelar o problema de transporte colaborativo existente entre as indústrias exportadoras e os armadores marítimos utilizando-se do SD alguns estudos foram feitos por Silva *et al.* (2010-b; 2011-a; 2011-b; 2011-c), dentre outros. Os autores, buscaram seguir gradativamente as 5 etapas de construção metodológica de um modelo de SD proposta por Sterman (2000) conforme mencionado anteriormente e, portanto, a compreensão e definição da fronteira do modelo foram estudadas, por Silva *et al.* (2011-c) bem como foi feito um levantamento preliminar sobre as variáveis a serem inseridas na modelagem (etapa 1 da metodologia de Sterman (2000)), resultando no diagrama causal conforme exposto na Figura 33.

Figura 33 - *Loopings* de balanço e reforço entre exportadores e armadores marítimos



Fonte: Silva *et al.* (2011-c).

Ao se iniciar a construção do diagrama causal, o primeiro passo é definir o limite do sistema. Para o problema em questão foi decidido considerar as ações das indústrias manufatureiras e os armadores marítimos. Tal consideração representa uma simplificação do sistema apresentado na Figura 10. No passo seguinte, foram definidos os objetivos dos agentes envolvidos e as principais variáveis que influenciam esses objetivos. Os objetivos das indústrias exportadoras contemplam aumentar sua competitividade no mercado internacional e reduzir os custos logísticos, enquanto os objetivos dos armadores referem-se à redução do *gap* oferta-demanda e o aumento de seus lucros. Enfim, de maneira global o objetivo de ambos os agentes é ampliar a fatia de lucro. Esses objetivos podem ser alcançados baseados nas ações dos agentes como: aumentando a colaboração entre as indústrias exportadoras e alterando a oferta do transporte marítimo.

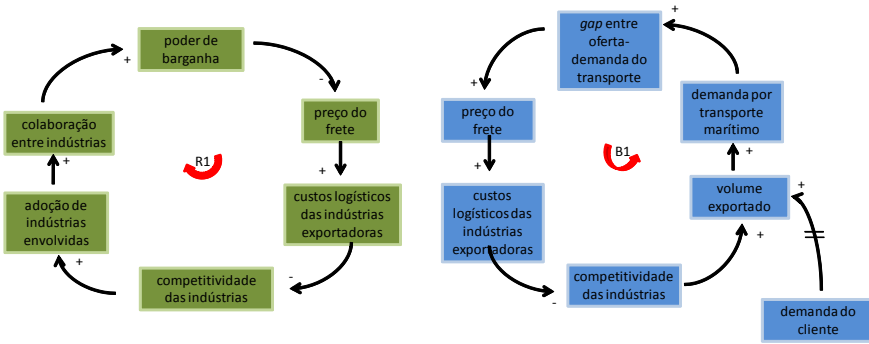
Para alcançar estes objetivos os agentes lançam mão de políticas de gestão que provocam ações e reações no sistema, que alteram seu comportamento ao longo do tempo, conforme é mostrado na Figura 33.

Por exemplo, a necessidade de reduzir os custos logísticos leva as indústrias exportadoras a formar alianças entre si (aumentar a colaboração com outras indústrias). Como uma reação, ocorre o aumento do poder de barganha (das indústrias) o que leva a uma redução do preço do frete cobrado pelos armadores e conseqüentemente, a uma redução dos custos logísticos. Isto contribui para tornar seus produtos mais competitivos. Esta reação é apresentada através do *Looping* de Reforço (R1).

Com a redução dos custos logísticos das indústrias exportadoras, há um aumento na competitividade de mercado por parte dessas indústrias, impactando o volume exportado. Apesar dessa reação ocorrer de forma defasada no tempo, ela impacta no aumento da demanda por transporte marítimo. Isto influencia o preço de frete e também os custos logísticos, conforme o *Looping* de Balanço (B1). As alterações na demanda do transporte marítimo afetam por sua vez, o lucro dos armadores, o que impacta diretamente no número de armadores no mercado. Isto afeta a oferta de transporte marítimo e conseqüentemente, o *gap* da oferta-demanda do transporte. Isto é apresentado no *Looping* de Reforço (R2). Finalmente, no *Looping* de Balanço (B2) é apresentado o impacto da oferta de transporte marítimo sobre o lucro dos armadores.

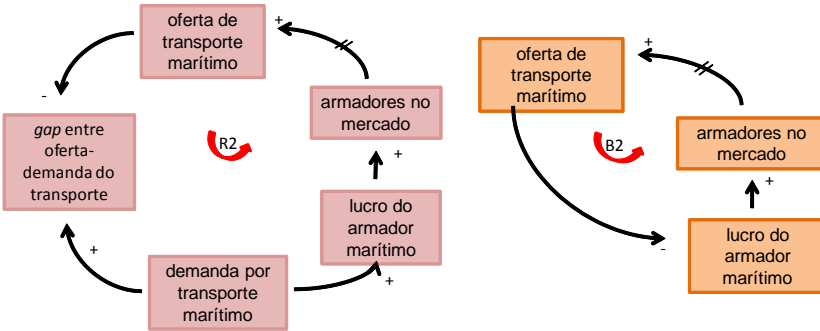
Dando continuidade na construção gradativa de um modelo de SD seguindo a metodologia proposta por Sterman (2000), Silva *et al.* (2011-a), discutiram o diagrama causal até então desenvolvido, ao estudarem separadamente cada um dos *Loopings* propostos, conforme a Figura 34 e a Figura 35. Com isso a etapa 2 (formulação das hipóteses dinâmicas) da metodologia foi efetuada.

Figura 34 - *Loopings* de Reforço (R1) e de Balanço (B1) esmiuçados



Fonte: Silva *et al.* (2011-a).

Figura 35 - *Loopings* de Reforço (R2) e de Balanço (B2) esmiuçados



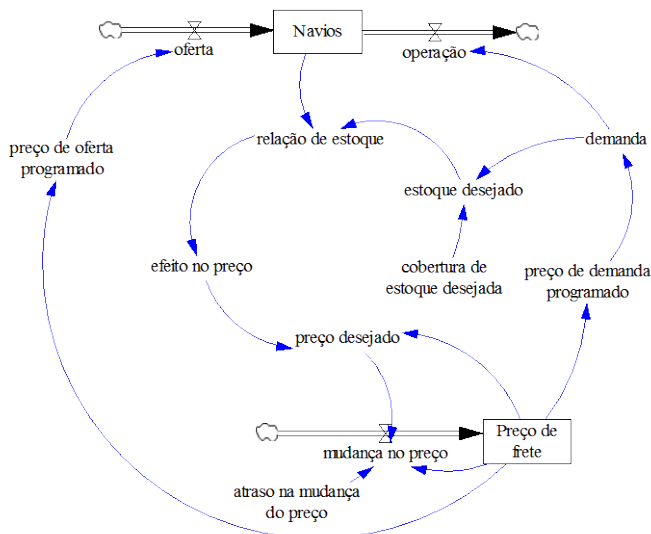
Fonte: Silva *et al.* (2011-a).

Relembrando, na metodologia de Sterman (2000) a etapa 3 do processo de modelagem corresponde à montagem do modelo de simulação e sendo assim, Silva *et al.* (2010-b), baseados em estudos anteriores, elaboraram o primeiro esboço do diagrama de fluxos e estoques para o problema em estudo.

A Figura 36 apresenta o digrama de estoque-fluxo usado para expressar o sistema de oferta-demanda de navios. O estoque de *Navios* é único e cada unidade não pode ser distinguida das demais e, portanto, a

análise ocorre globalmente. O transporte marítimo possui um sistema de oferta-demanda que é representado pelos fluxos *oferta* e *operação*, respectivamente. Ambos os fluxos influenciam diretamente o estoque de *Navios* e são afetados pelo *Preço de frete* praticado no mercado.

Figura 36 - Diagrama de estoque-fluxos da demanda-oferta de navios



Fonte: Silva *et al.* (2010-b)

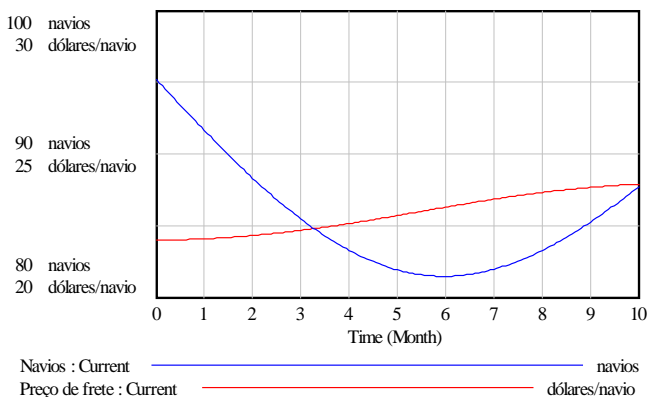
Os conversores *preço de oferta programado* e *preço de demanda programado* são modelados como uma função do tipo LOOK UP (na linguagem do *software* Vensim®), contendo uma relação de preço x quantidade de navios; em outras palavras, para cada valor adotado pelo *Preço de frete*, há uma quantidade admissível de navios cujo preço seja acessível para influenciar a demanda de transporte por parte das indústrias manufatureiras e, simultaneamente há uma quantidade admissível de navios que é interessante para os armadores marítimos ofertarem no mercado.

Assim, o objetivo principal da negociação é alcançar o equilíbrio do mercado com um preço razoável aceitável por ambos (as indústrias e os armadores). No diagrama de estoque-fluxos é considerada a existência do *atraso na mudança do preço*; isso significa que o *Preço de frete* não se altera imediatamente, mas leva algumas unidades de tempo

(dias, meses) para reagir às mudanças na oferta-demanda. A *mudança no preço* é modificada pelo conversor *preço desejado*. O *preço desejado* é definido pelo valor atual do *Preço de frete* e o conversor *efeito no preço*. Uma função do tipo LOOK UP é usada para definir o conversor *efeito no preço*, expressando as variações nos preços baseada na *relação de estoque*. A *relação de estoque* é dada pelo *estoque desejado* ($demanda * cobertura\ de\ estoque\ desejada$) e a atual quantidade de *Navios* em estoque. Deste modo, o conversor *efeito no preço* regula o *fluxo mudança no preço*. Quando o estoque (*Navios*) > *estoque desejado* então a *relação de estoque* > 1 e o *Preço de frete* deve ser reduzido. Quando a *relação de estoque* é < 1, o *Preço de frete* deve ser aumentado.

Avançando no processo de modelagem e partindo para a etapa 4 dos passos metodológicos de implementação do SD proposto por Sterman (2000), Silva *et al.* (2010-b) apresenta uma possível análise permitida com a construção de um diagrama de estoque-fluxo, que mostra a correlação entre o estoque de *Navios* e o *Preço de frete*. Na Figura 37, nota-se que à medida que o *Preço de frete* aumenta, o estoque de *Navios* no mercado é reduzido até o momento em que o mercado necessita de mais *Navios* e inicia a pagar mais pelo frete, aumentando a quantidade de *Navios* novamente (considerando que a extensão do tempo é apenas 10 meses nessa aplicação, não é possível ver o aumento do estoque de *Navios* após o tempo 10).

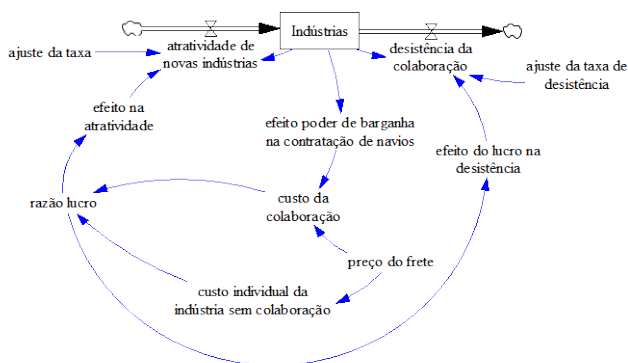
Figura 37 - Correlação entre *Navios* e *Preço de frete* através da análise do SD



Fonte: Silva *et al.* (2010-b).

A Figura 38 apresenta o diagrama de estoque-fluxo que expressa a formação de colaboração entre as indústrias. A quantidade de indústrias operando no mercado é dada pelo estoque de *Indústrias*. O estoque é modificado pelos seus fluxos de entrada e de saída: *atratividade de novas indústrias* e *desistência da colaboração*, respectivamente. À medida que o número de *Indústrias* aumenta, o poder de barganha nas negociações de frete também é aumentado (expresso pelo conversor *efeito poder de barganha na contratação de navios*) e vice-versa. Este conversor é modelado através de uma função do tipo LOOK UP. À medida que o *efeito poder de barganha na contratação de navios* aumenta, reduz-se o *custo da colaboração* uma vez que é dado um desconto no *Preço de frete*.

Figura 38 - Diagrama de estoque-fluxos para a formação de colaboração das indústrias



Fonte: Silva *et al.* (2010-b).

O conversor *razão de lucro* mede a razão entre o *custo da colaboração* e o *custo individual da indústria sem colaboração*. Este resultado irá influenciar o *efeito na atratividade* (função do tipo LOOK UP), o qual influencia diretamente o fluxo de entrada *atratividade de novas indústrias*. À medida que a *razão de lucro* aumenta, a atratividade também é aumentada e novas indústrias ingressam na colaboração. Por outro lado, à medida que o valor da *razão de lucro* aumenta há um efeito decrescente no *efeito do lucro na desistência* levando a um aumento na *desistência da colaboração*. Isto quer dizer que as

Indústrias receberão menos lucro se houver um grande número delas no mercado, desencorajando-as a continuar na colaboração.

Os estudos apresentados nessa seção tiveram por objetivo estudar a modelagem do problema de transporte colaborativo com o uso do método SD. Os autores dos estudos optaram por estabelecer um processo de modelagem crescente (em cada estudo, avançava-se uma etapa do processo metodológico de construção) a fim de evitar erros durante o mesmo, pois é bem comum o modelador iniciar o processo elaborando um diagrama de estoque-fluxo completo, mas na seqüência, descobrir falhas. Nesses casos é mais fácil iniciar um modelo do início do que tentar ajustá-lo.

Embora os diagramas desenvolvidos representem o comportamento geral do mercado de transporte marítimo, os resultados sugeridos não representam as negociações do mundo real devido à falta de dados reais a serem considerados em tal análise. Por esta razão é recomendado expandir o modelo proposto e considerar dados reais praticados pelas indústrias manufatureiras e armadores marítimos, incluindo dados da demanda e preços de fretes. Como um avanço nesses estudos, é esperado unificar ambos os diagramas (expressos nas Figura 36 e Figura 38) de modo a analisar simultaneamente o comportamento do sistema de oferta-demanda de navios que afeta a colaboração entre as indústrias manufatureiras. Feito isso, espera-se ampliar a análise ao considerar os demais agentes envolvidos no processo de exportação exposto na Figura 10.

5.10 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS MÉTODOS SD E ABMS

Para o desenvolvimento desta tese, inicialmente foi proposto o uso do método ABMS para a modelagem do problema em estudo. Foi realizado levantamento bibliográfico sobre o método, analisadas suas principais características e aplicações bem como iniciado o processo de modelagem do problema de estudo. Posteriormente, em discussão com especialistas e pesquisadores, foi levantada a hipótese de utilizar o método de simulação SD para a modelagem do problema de transporte colaborativo e novo levantamento bibliográfico foi realizado, bem como analisadas as possíveis aplicações e limitações do mesmo.

Assim, baseando-se em resultados preliminares já realizados com ambos os métodos optou-se pela continuidade da modelagem do

problema de transporte colaborativo desta tese através do método *System Dynamics*. A opção por este método em detrimento ao método ABMS, foi consequência de dois fatores principais. O primeiro deles foi o fato do problema em estudo ser marcado pela complexidade dinâmica onde as ações de alguns agentes provocam reações em outros agentes. O segundo fator foi da necessidade de simular quantitativamente as políticas propostas para que pudesse ser avaliado o seu impacto nas metas dos agentes envolvidos.

Também se levou em conta o importante fato das colaborações entre empresas serem alteradas dinamicamente; ou seja, há empresas entrando e empresas saindo do grupo colaborativo a todo momento, bem como regras e políticas de mercado e métodos de divisão de benefícios sendo alterados frequentemente, o que torna difícil o processo de modelagem do sistema num todo se considerado um baixo nível de abstração (considerando um alto nível de informações detalhadas), sendo portanto mais adequado o método SD para a modelagem e compreensão do problema em estudo.

Como já descrito previamente, o método SD é apropriado para abstrair de simples eventos e entidades e tomar uma visão agregada concentrando-se em políticas. Nessa visão agregada do problema, as bordas (os limites) entre os diferentes agentes do sistema são obscuras (“borradas”). Isto é válido para o caso do problema de transporte colaborativo onde não há tratamento individualizado para cada agente e se pretende modelar e analisar o comportamento das entidades e não dos indivíduos; em outras palavras, quer se avaliar o comportamento do grupo de empresas colaboradoras e não o comportamento de uma a uma. Neste caso, o ponto de vista da análise se dá através de políticas de desenvolvimento, as quais podem auxiliar no aprimoramento da colaboração e consequentemente, causar uma mudança nas forças dos agentes e no comportamento de longo prazo do sistema.

6. MODELO PROPOSTO À ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA COLABORAÇÃO

Como todos os sistemas, o sistema complexo é uma estrutura de engrenagens de retroalimentação... Essas estruturas englobam todas as decisões públicas ou privadas, conscientes ou inconscientes. Os processos do homem e da natureza, da psicologia e física, da medicina e engenharia todos caem dentro dessa estrutura (Forrester, 1969).

6.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão apresentadas e comentadas as etapas de construção do modelo de simulação aplicável ao problema de transporte colaborativo marítimo, considerando os diagramas de estoque-fluxos para cada segmento envolvido na análise (por exemplo: as indústrias manufatureiras, os armadores, formação de frete marítimo, indústria marítima etc.). É válido comentar que a construção do modelo foi embasada em estudos científicos publicados em anos anteriores (cuja temática assemelha-se à proposta desta tese), em entrevistas com empresários do ramo e discussões com especialistas. À critério de caracterização do modelo construído definiu-se o mesmo como sendo um modelo abstrato, dinâmico, não-linear e estável, adequado para a representação do comportamento do sistema.

6.2 PESQUISA ÀS EMPRESAS

Durante os anos de 2010 e de 2011 foram realizadas entrevistas via *email* e telefone com alguns empresários brasileiros, de diversos ramos, sejam eles atuantes na cadeia de exportação manufatureira ou não; atuantes em indústrias de outros ramos, atuantes na atividade portuária ou operadores logísticos. O objetivo principal desse contato com os empresários foi obter informações sobre o mecanismo de exportação praticado no mercado, verificar quais os principais agentes envolvidos neste processo e, especular se já há indícios de colaboração na realização do transporte marítimo e como os empresários brasileiros avaliam a possibilidade de adoção do CTM em suas operações (sejam

elas: busca de armadores, negociação de contêineres, ocupação de armazéns, etc).

A Tabela 14 apresenta de maneira sucinta os principais itens de investigação junto às empresas entrevistadas: Weg (especializada na fabricação e comercialização de motores elétricos, transformadores, geradores e tintas), Votorantim (concentra suas operações nos setores de cimento, mineração e metalurgia, siderurgia, celulose e papel, suco), Stanley Black&Decker (atua no ramo de “ferramentas elétricas” e eletrodomésticos: ferros de passar, liquidificadores, batedeiras, ventiladores, cortadores de grama, furadeiras, serras circulares, esmerilhadeiras, serrotes e fechaduras sob as marcas Black&Decker, Stanley e DeWalt), Tigre (líder em produção de tubos, conexões e acessórios), Tupy (peças de ferro fundido), Log-In Logística (movimentação portuária e transporte de contêineres porta-a-porta, por meio marítimo, complementado pela ponta rodoviária, bem como pela armazenagem de carga através de terminais intermodais terrestres) e Brasmar (operador logístico que atende a vários armadores, agentes de carga, importadores e exportadores).

Para a elaboração da Tabela 14 foram considerados os seguintes itens de investigação:

- P1: Mecanismo geral de contratação de frete
- P2: Escolha do porto e armador
- P3: Como avalia a possibilidade de colaboração
- P4: Mecanismo geral de operação

Tomando as informações obtidas, o que se percebe é que a grande parte das empresas entrevistadas ainda não opera em colaboração com outras empresas do mesmo ramo nas atividades relacionadas ao transporte marítimo destinado à exportação e não visualiza potencial ganho de imediato; mas por outro lado acreditam que se o grupo de empresas colaboradoras se reunir e “estudar bem” essa possibilidade é possível obter ganhos de escala e ainda outros ganhos junto aos armadores devido ao forte elo a ser formado.

Além de tais informações, foram apresentados às empresas entrevistadas: o diagrama causal proposto por Silva *et al.* (2011-c) e os diagramas de estoque-fluxos propostos por Silva *et al.* (2010-b), para validação. Após análise, os empresários concordaram com os diagramas propostos e, portanto estes foram utilizados como base para a

continuidade do trabalho que simula as diferentes variáveis atuantes dinamicamente no comportamento da colaboração entre as empresas para a realização do transporte colaborativo marítimo focado à exportação. Portanto, modela-se gradativamente o comportamento dos agentes atuantes nesse problema.

Tabela 14 - Sistemática de atuação empregada pelas empresas entrevistadas

Weg	PI	<ul style="list-style-type: none"> - contratação do frete marítimo direta com os armadores ou através de operadores logísticos; - volume estável de embarques permite estimar o número de TEU's semanais necessários (utiliza 65% de contêineres <i>dry</i>); - faz os <i>bookings</i>, negocia e contrata os <i>slots</i> nos navios com os armadores por um determinado período; - na definição do porto de origem, considera a sua logística no processo de negociação (custo, <i>transit time</i>, necessidade de uso de retroárea, etc.); - a contratação de operadores logísticos é utilizada quando há embarques para destinos menos frequentes e que exigem uma contratação de frete <i>inland</i> no destino para a qual o armador não está estruturado para cotar. Nestes casos, fazem-se cotações <i>spot</i> com os operadores logísticos e que podem ou não incluir armadores aptos a fazer o <i>inland</i> no destino; - para cargas de projeto onde utiliza-se contêineres <i>flat rack</i> ou embarques <i>break bulk</i>, há possibilidade de contratação direta com o armador ou entram em cena os operadores logísticos que têm seus parceiros nos destinos e nos portos de transbordo para executarem as operações; - na maioria dos casos contrata separadamente o frete terrestre até o porto tanto para contêineres <i>dry</i>, como para <i>flat racks</i> ou cargas <i>break bulk</i>. Esta decisão é baseada na experiência que têm com a operação, mas poderia ser diferente com outro exportador se este não é familiarizado com este processo; - quando necessita de uma movimentação especial no porto com uso de guindaste por exemplo, há situações em que contrata diretamente empresas especializadas, mas há casos de negociação com o operador logístico ou armador; - faz um orçamento de vendas por filial e após, um consolidado anual no mês de outubro (ao mesmo tempo são gerados os orçamentos de despesas, pessoal, investimentos); - baseado no histórico dos anos anteriores e a projeção de vendas para o ano seguinte, define-se os volumes estimados de cada filial;
------------	-----------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

		<ul style="list-style-type: none"> – estima-se portanto, os números de TEU's semanais por filial e utiliza-se desta informação para o BID com os armadores.
	P2	<ul style="list-style-type: none"> – considera a proximidade da fábrica com o porto, porém há outros fatores a serem considerados como por exemplo: se há uma rota com preço de frete competitivo e excelente <i>transit time</i> pelo porto de Paranaguá em comparação com as alternativas por Itajaí, Navegantes ou São Francisco, é possível que se opte por levar a carga mais distante, mesmo sabendo que os 3 outros portos mencionados tenham custo de frete terrestre bem menor; – verifica possibilidade de busca de contêiner vazio mais fácil com custo menor; – analisa se há maior agilidade na liberação alfandegária; – considera se a companhia marítima está estruturada no destino com seus parceiros, terminais e custo de devolução de vazios, relacionamento com a filial, flexibilidade de sincronização das entregas na filial, etc.
	P3	<ul style="list-style-type: none"> – acredita que pode ter um ganho satisfatório nos custos; – acredita que pode ter maior influência sobre os armadores em decisões que impactam nas omissões dos porto, como por exemplo, no não cumprimento de itens contratuais, etc.
Votorantim	P1	<ul style="list-style-type: none"> – realiza um BID (<i>bidding</i>) anual de contratação de armadores e de terminais portuários para estufagem de contêineres; – soma todas as unidades do grupo (suco, cimento, metais, papéis, celulose e químicos) e gera-se um total de 40 mil TEU's por ano; – oferece 40 mil TEU's por ano para 20 rotas diferentes e os armadores disputam essa oferta; – o terminal portuário faz o serviço de estufagem, plugagem (em casos de <i>refeers</i>) e <i>pré-stacking</i>, etc.; – na maioria das vezes o terminal se encarrega dessas atividades em uma área retroportuária e o contêiner é levado até outro terminal, denominado de Terminal de Área Primária ou Cais, onde será carregado no navio; – é muito raro trocar de porto, pois quando as empresas negociam, já optam por aqueles portos mais atrativos; – a empresa negocia com armadores e estes, com os terminais de embarque; – o armador recebe um planejamento macro da distribuição do número de contêineres mês a mês, mas este é corrigido mensalmente; – em relação ao <i>free-time</i> (período em que o contêiner pode ficar dentro do terminal sem ser cobrado armazenagem), alguns terminais já tem o seu padrão, outros usam isso na negociação com os armadores.

	P2	<ul style="list-style-type: none"> – além do preço do serviço em si (frete, plugagem de <i>refeers</i>), se consegue muitas condições boas como prazo para pagamento, <i>free-time</i> de embarque, etc.; – contrata transportador mas opta por pagar o seguro, descontando este valor do frete, pois a escala de negociação de seguro é grande, permitindo economia de escala; – considera a produtividade operacional do porto, pois os transportadores embutem no valor do custo a ineficiência; – o fluxo de importação x exportação auxilia na negociação.
	P3	<ul style="list-style-type: none"> – a empresa não respondeu este item.
Stanley Black&Decker	P1	<ul style="list-style-type: none"> – opera com um modelo de <i>shared service centers</i>, ou seja, centraliza os controles e as negociações com fornecedores globais; – em relação à contratação de fretes, centraliza a negociação com <i>freight forwarders</i> buscando um <i>leverage</i> de custos a nível global considerando todos os volumes movimentados.
	P2	<ul style="list-style-type: none"> – os agentes de carga contratados utilizam os volumes de todos os seus clientes para obter escala e negociar com os armadores; – a empresa utiliza dois <i>freight forwarders</i> globais (Kuehne + Nagel e, Expeditors International).
	P3	<ul style="list-style-type: none"> – a empresa entende que a consolidação de cargas e negociação de fretes marítimos é atividade para o <i>freight forwarder</i>; – acredita que para haver colaboração entre empresas do mesmo ramo é necessário desenvolver um grupo de profissionais para realizarem atividades feitas pelos <i>freight forwarders</i>; – apreciam o uso do <i>freight forwarder</i> na cadeia pois este também é responsável pela consolidação de cargas LCL, atividades ligadas ao <i>door to door</i>, <i>buyers consolidations</i>, etc.
Tigre	P1	<ul style="list-style-type: none"> – no mercado brasileiro é a única empresa do ramo que realiza exportações com regularidade, especialmente para mercados com poucas alternativas de rotas marítimas, o que por si, torna o frete mais caro; – exporta 50% por via marítima e 50% por via terrestre; – tem como principal destino países africanos, região que possui poucas alternativas de rotas a partir do Brasil, tradicionalmente encarecendo o custo; – o comércio entre Brasil e países africanos é bastante limitado: a África do Sul, mais importante economia do continente, praticamente não absorve os produtos da empresa devido à normas técnicas diferenciadas; – quanto às importações, elas basicamente são referentes à

		<p>máquinas e equipamentos (eventuais);</p> <ul style="list-style-type: none"> – as importações de produtos são realizadas da Argentina e Paraguai e são realizadas via terrestre a partir destes países.
	P2	<ul style="list-style-type: none"> – quase na totalidade o frete do produto exportado é pago pelos clientes, ou seja, são eles na maioria das vezes que indicam o armador selecionado para fazer o frete.
	P3	<ul style="list-style-type: none"> – acredita que tenha poucas chances de se enquadrar no modelo; – visualiza poucas possibilidades do transporte colaborativo trazer algum benefício mais relevante à empresa no atual cenário em que atua.
Tupy	P1	<ul style="list-style-type: none"> – produção anual de 500 mil toneladas de peças em ferro fundido, exportando 50% da produção para mais de 40 destinos; – produtos são desenvolvidos sob encomenda para o setor automotivo (são peças para sistemas de propulsão, freio, transmissão e direção, e eixo e suspensão) e também produz conexões de ferro maleável, granalhas de ferro e aço e perfis contínuos de ferro, produtos que atendem à indústria da construção, a de mármore e granito e a segmentos diversos da engenharia industrial, entre outros; – atualmente negociam diretamente com os armadores, sem envolvimento de operador logístico, agente de cargas ou NVOCC. A empresa é responsável por todas as etapas do processo, somente terceirizando o transporte rodoviário e o despacho aduaneiro; – até então a empresa realizava negociações anuais; porém, com a mudança do mercado, realiza negociações válidas ou renegociadas a cada 3 meses.
	P2	<ul style="list-style-type: none"> – a empresa negocia com todos do mercado, mas dão ênfase a 4 armadores, focando volumes nestes 4 maiores, gerando maior poder de compra.
	P3	<ul style="list-style-type: none"> – a empresa diz que a possibilidade de colaboração depende muito de cada empresa, de seu perfil exportador/importador, volume, etc.; – no caso particular de operação da empresa, acreditam que não seja interessante a colaboração pois com o grande e constante volume que têm, sendo um “<i>main player</i>”, é necessário avaliar os participantes muito bem para entender até que ponto esta colaboração seria interessante e quem estaria alavancando quem; – na opinião da empresa o mercado de fretes para os exportadores ficaria igual ao dos armadores, e os grandes exportadores não conseguiriam ter as vantagens que hoje podem obter do mercado de fretes mais independente.

Log-In Logística	P4	<ul style="list-style-type: none"> – faz o serviço de <i>feeder</i> na costa brasileira: capta as cargas nos diversos portos brasileiros e deposita tudo em um único porto; – o armador coleta tudo em um único lugar, evitando de perder tempo com atracação e desatracação em diversos portos brasileiros, ganhando em produtividade.
	P3	<ul style="list-style-type: none"> – avalia como sendo um serviço que tem crescido muito e tem grande potencial.
Brasmar	P4	<ul style="list-style-type: none"> – empresa da divisão mundial de <i>Container Inland Services</i> - CIS - do grupo A. P. Moller-Maersk. Atende a vários armadores, agentes de carga, importadores e exportadores. Atua no <i>depot</i> de vazios, reparo de contêineres e de maquinário e geradores, terminal de carga e contêineres cheios, projetos logísticos e gerenciamento de planta-porto, aluguel de geradores de energia, venda de contêineres; – a política adotada para negociação é de que o negócio deve render no mínimo 20% de lucro líquido e 12% de resultado final (<i>net</i>), senão não efetivam a negociação.
	P3	<ul style="list-style-type: none"> – conforme a empresa, ainda há forte resistência por parte das demais empresas em participar da colaboração devido serem fechadas, patriarcais e não perceberem a importância da diferenciação de serviços; – tem a visão de que a “queima” do preço cobrado no mercado gera as possíveis conseqüências: baixa remuneração dos funcionários, não consegue controlar as atividades, não consegue controlar a informação, não controla o fluxo interno das operações e informações e não consegue “vender” bem sua imagem no mercado; – avalia como sendo uma excelente oportunidade para as empresas do ramo, fortalecendo a relação do tipo ganha-ganha para manterem-se no mercado.

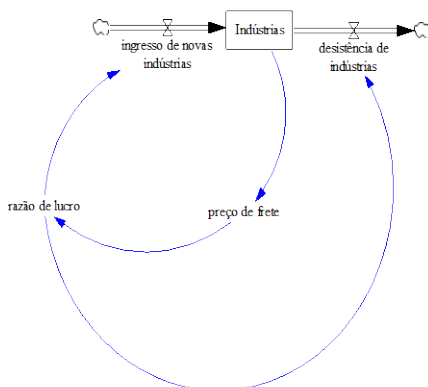
Fonte: do autor.

6.3 COMPORTAMENTO DAS INDÚSTRIAS

O ponto de partida para a modelagem do problema foi definido como sendo a compreensão da atuação das indústrias manufactureiras, bem como a formação de colaboração entre elas com base no preço de frete praticado no mercado, pois de acordo com Mankiw (2011) o preço de um bem representa o principal fator que determina a sua demanda. Portanto, utilizando-se do *software* Vensim® da empresa Ventana Systems, Inc. (versão DSS), modelou-se através de um diagrama de estoque-fluxo, o comportamento das indústrias, conforme ilustra a Figura 39.

O número de indústrias atuantes na análise foi modelado como sendo uma variável do tipo estoque, *Indústrias (Ind)*. É uma variável de acumulação e caracteriza o estado do sistema, gerando informação sob a qual são tomadas decisões e ações. A maneira comumente empregada para modelar uma variável do tipo estoque é através de um retângulo (sugerindo um contêiner para armazenar o conteúdo do estoque). Este tipo de variável é alterado apenas através de suas taxas de fluxos, que podem estar entrando/somando no estoque (seta apontando para dentro) ou saindo/subtraindo do estoque (seta apontando para fora), fluxos *ingresso de novas indústrias (ini)* e *desistência de indústrias (di)*, respectivamente. As válvulas, sob os fluxos controlam os fluxos e as nuvens nos extremos das setas representam as fontes e escoadouros para os fluxos.

Figura 39 - Diagrama de estoque-fluxo do comportamento das indústrias na colaboração



Fonte: do autor.

De acordo com Sterman (2000) a descrição matemática do sistema requer conhecimento apenas dos estoques e suas taxas/fluxos de mudança. Porém, para facilidade de comunicação e clareza, é geralmente útil definir variáveis intermediárias ou auxiliares, como as variáveis *razão de lucro (ral)* e *preço de frete (Pref)*. As variáveis auxiliares consistem de funções do estoque (e entradas exógenas ou constantes). Normalmente as auxiliares podem ser eliminadas do modelo e reduzidas a um conjunto de equações consistindo apenas dos

estoques e seus fluxos. Ao comparar o diagrama de estoque-fluxo proposto por Silva *et al.* (2010-b) na Figura 38 e o diagrama aqui proposto na Figura 39, percebe-se que este último eliminou 7 variáveis e embutiu-as na forma de equações nas variáveis remanescentes, sendo o número acumulado de indústrias na colaboração (Ind) expresso pelo número inicial de indústrias ($Ind(t_0)$) somado à integração da taxa de variação de indústrias (\dot{I}) no tempo, conforme a equação (3):

$$Ind(t) = Ind(t_0) + \int_{t_0}^t \dot{I} dt. \quad (3)$$

A variável \dot{I} é expressa pelo número de ingresso de novas indústrias (ini) e o número de desistência de indústrias (di) no tempo t , conforme a equação (4):

$$\dot{I} = ini - di. \quad (4)$$

A variável ini varia de acordo com a razão de lucro (ral) obtida num determinado tempo t . Por ral entende-se a relação entre o preço de frete colaborativo ($Pref$) obtido e valor de frete mínimo praticado no mercado ao negociá-lo individualmente (utilizando-se da Figura 42 assume-se o valor de R\$ 100,00):

$$ral = pref / 100. \quad (5)$$

Assim, tem-se que:

$$ini = \begin{cases} 0, & ral > 1 \\ 8,1079 \cdot \exp(-2,179 \cdot ral), & ral \leq 1 \end{cases}, \quad (6)$$

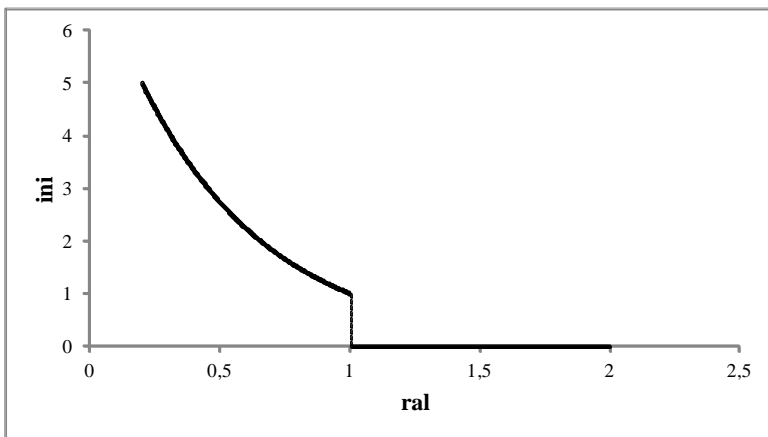
ou seja, se a razão de lucro for superior a 1, o preço de frete da colaboração é superior ao preço de frete individual a ser obtido pela indústria e, portanto não é viável o ingresso da uma nova indústria na colaboração.

A curva da demanda não possui uma determinação simples e claramente definida, portanto optou-se por utilizar uma curva exponencial para representação da variação da quantidade em relação à variação do preço de frete praticado, o que segundo os especialistas contatados, assemelha-se muito às práticas reais do mercado. De acordo com Warren (2002), adotar dados próximos às práticas reais é uma prática comum e suficiente para se analisar o comportamento das

variáveis e o esforço necessário para conseguir dados exatos não justifica o pequeno ganho que se obtém com os mesmos, uma vez que o comportamento aproximado já permite uma análise eficaz.

A Figura 40 representa a relação entre *ini* e *ral*:

Figura 40 - Relação de indústrias ingressantes x razão do lucro



Fonte: do autor.

O número esperado de *di* varia também em função da *ral*: se $ral \leq 0,58$ então $di = 0$ senão,

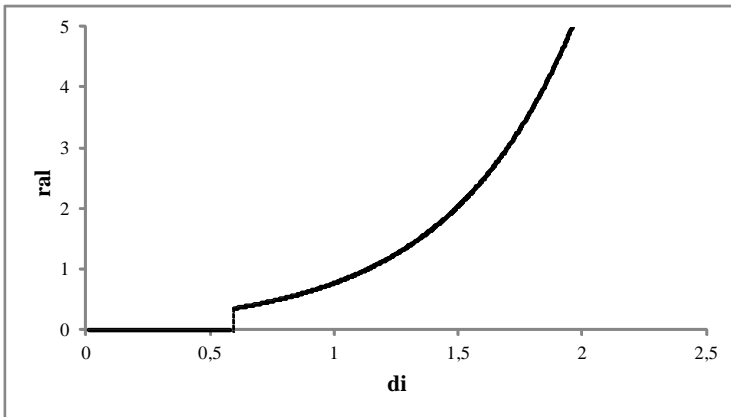
$$di = 0,0801 \cdot \exp(2,1502 \cdot ral), \quad (7)$$

ou seja, à medida que *ral* aumenta torna-se inviável às indústrias manterem-se na colaboração, portanto aumenta-se o número de desistência, conforme ilustra a Figura 41.

Seguindo o princípio de que os preços praticados não crescem infinitamente, para $Ind > 100$, $Pref = 55$, e em caso contrário será alterado conforme a equação (8):

$$Pref = 100,38 \cdot \exp(-0,006 \cdot Ind). \quad (8)$$

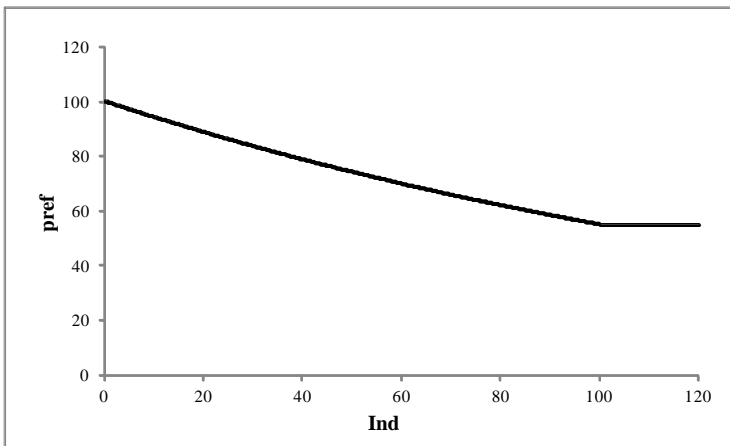
Figura 41 - Relação da taxa de desistência de indústrias x razão de lucro



Fonte: do autor.

A Figura 42 ilustra a relação entre o número de Ind e o $Pref$:

Figura 42 - Relação do número de indústrias x preço de frete praticado

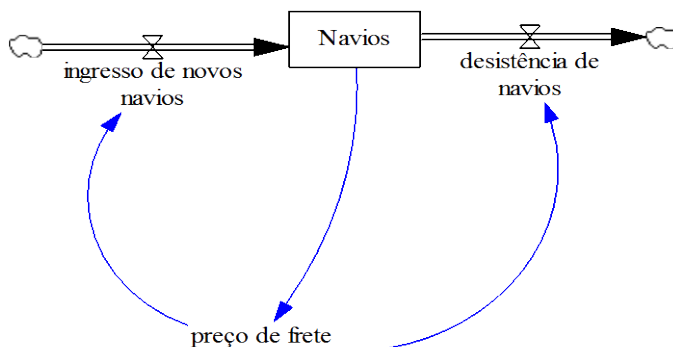


Fonte: do autor.

6.4 COMPORTAMENTO DOS NAVIOS

No intuito de entender o comportamento dos armadores, os quais são responsáveis pela disponibilização de navios ao transporte marítimo, foi modelado um diagrama de estoque-fluxo para facilitar a compreensão do mecanismo de oferta de navios frente ao preço de frete praticado no mercado, conforme ilustra a Figura 43.

Figura 43 - Diagrama de estoque-fluxo do comportamento dos navios



Fonte: do autor.

O número acumulado de navios atuantes na análise foi modelado como sendo uma variável do tipo estoque, *Navios* (Nav), e os fluxos que o alteram são representados pelo fluxo de entrada, *ingresso de novos navios* (inn) e pelo fluxo de saída, *desistência de navios* (dn). Ambos os fluxos são influenciados pela variável auxiliar *preço de frete* ($Pref$), a qual por sua vez varia em função do número de navios (Nav) disponíveis no mercado.

Este diagrama foi construído a partir do diagrama proposto por Silva *et al.* (2010-b) na Figura 36, reduzindo-se o número de variáveis a fim de facilitar a análise do sistema de navios. Sendo assim, o número de navios (Nav) é expresso pelo número inicial de navios ($Nav(t_0)$) somado à integração da taxa de variação de navios (\dot{J}) no tempo, conforme a equação (9):

$$Nav(t) = Nav(t_0) + \int_{t_0}^t \dot{J} dt. \quad (9)$$

A variável \dot{J} é expressa pelo número de ingresso de novos navios (inn) e o número de desistência de navios (dn) no tempo t , conforme a equação (10):

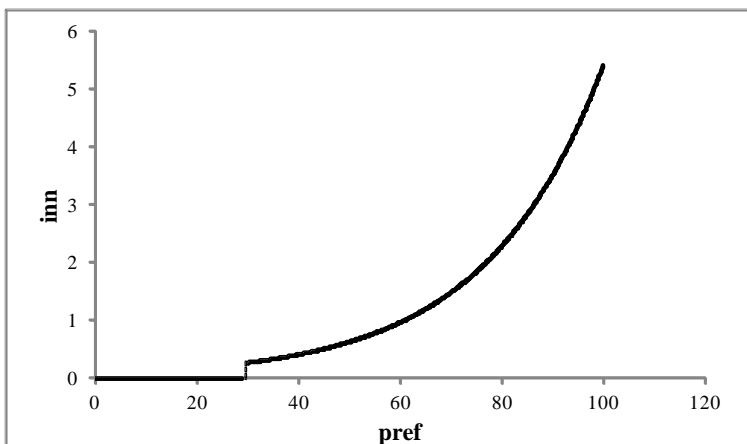
$$\dot{J} = inn - dn. \quad (10)$$

A variável inn varia de acordo com $Pref$. Desse modo se $Pref < 30$ (valor adotado aleatoriamente), então $inn = 0$, ou seja, nenhum navio tem interesse em ingressar no sistema; porém quando $Pref \geq 30$, o número de ingresso de navios no sistema ocorrerá de acordo com a equação (11):

$$inn = 0,0669 \cdot \exp(0,0441 \cdot Pref). \quad (11)$$

A Figura 44 representa a relação entre inn e $Pref$:

Figura 44 - Relação de navios ingressantes x preço de frete



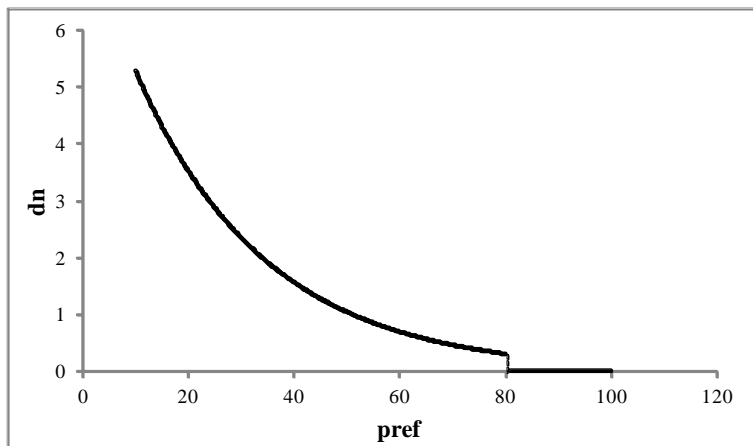
Fonte: do autor.

O valor esperado de dn será nulo quando $Pref > 80$ e irá aumentar à medida que $Pref$ é reduzido, pois ao armador

(representando a oferta) torna-se cada vez menos atrativa a permanência no mercado à medida que o preço é reduzido, influenciando a desistência, ou retirada de navios disponíveis no mercado, no intuito de reduzir a oferta e aumentar o preço de frete novamente. Sendo assim, a equação (12) representa o valor esperado de dn conforme a curva da Figura 45.

$$dn = 8,6679 \cdot \exp(-0,043 \cdot Pref). \quad (12)$$

Figura 45 - Relação da desistência de navios em função do preço de frete

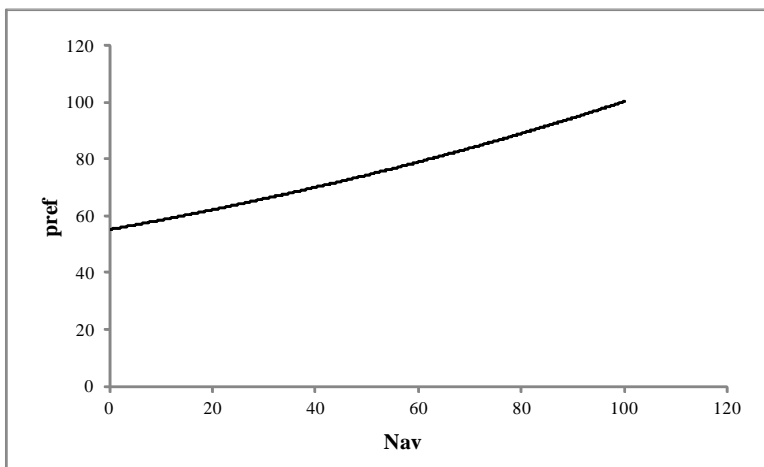


Fonte: do autor.

Por fim, a curva de oferta define-se a partir do preço de frete, que é resultante do número de navios ofertados no mercado. Sendo assim, para $Nav < 1$, $Pref = 50$ e em caso contrário:

$$Pref = 55,206 \cdot \exp(0,006 \cdot Nav), \quad (13)$$

conforme ilustra a Figura 46:

Figura 46 - Relação do preço de frete x número de navios disponíveis

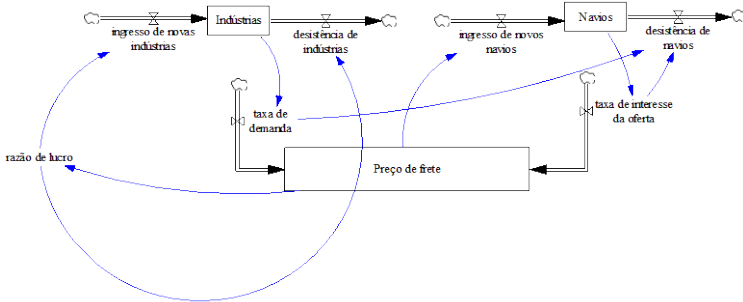
Fonte: do autor.

6.5 COLABORAÇÃO DAS INDÚSTRIAS E DISPONIBILIDADE DE NAVIOS EM FUNÇÃO DO PREÇO DE FRETE MARÍTIMO

Dando continuidade na proposta de Silva *et al.* (2011-b), que considera isoladamente o comportamento das indústrias e o comportamento da disponibilidade de navios, foi modelado um digrama de estoque-fluxo que permite analisar simultaneamente o comportamento do sistema de oferta-demanda de navios afetando a colaboração entre as indústrias manufatureiras, conforme a Figura 47.

Para a modelagem deste diagrama, foram utilizados os diagramas ilustrados na Figura 39 e na Figura 43, porém ambos sofreram alterações quanto à definição da variável *Pref*. Esta variável fora considerada como sendo uma auxiliar, porém passou a ser uma variável do tipo estoque. Tal consideração foi adotada devido o preço de um produto não poder ser alterado instantaneamente. De acordo com Whelan e Msefer (1996), as pessoas não têm informações exatas e imediatas sobre a oferta e demanda de um produto. Adicionalmente, quando a informação se torna disponível, isso leva algum tempo até que se tome uma decisão sobre a mudança no preço.

Figura 47 - Diagrama de estoque-fluxo das indústrias e navios



Fonte: do autor.

Como uma variável do tipo estoque é alterada apenas pelos fluxos de entrada e de saída (Sterman, 2000), consideraram-se como fluxos de entrada, a *taxa de demanda* (*tdem*) e a *taxa de interesse de oferta* (*tof*), representando a demanda e oferta, respectivamente. A *tdem* expressa o número de indústrias (*Ind*) existentes num dado período, porém este valor é convertido em número de navios (*Nav*), a fim de tratar de uma mesma unidade na análise. Dessa forma, $tdem = Ind/3,33$ e $tof = Nav$. Neste diagrama proposto a variável dn assume os seguintes valores, conforme a equação (14):

$$dn(tof, tdem) = \begin{cases} 2, & tof / tdem \geq 1, \\ 1, & tof / tdem < 1 \end{cases} \quad (14)$$

Esta relação indica que se a taxa de oferta for maior ou igual à taxa de demanda num dado período de tempo t , 2 unidades de navios deixarão o sistema, no intuito de tentar reduzir o preço de frete. Em caso contrário, quando a taxa de demanda for superior à taxa de oferta, apenas 1 navio deixa o sistema (pois considerou-se que sempre pode haver algum desistente devido a outros interesses, mesmo até quando o negócio é viável).

Além destas considerações, *Pref* é expressa pelo valor inicial do preço de frete ($Pref(t_0)$) somado à integração da taxa de variação do valor do frete (\dot{M}) no tempo, conforme a equação (15):

onde, a variável \dot{M} é regulada por tof e $tdem$, conforme a equação (16):

$$\dot{M} = \begin{cases} -((tof - tdem) \cdot 0,3), & tof > tdem \\ ((tdem - tof) \cdot 0,3), & tof \leq tdem \end{cases} \quad (16)$$

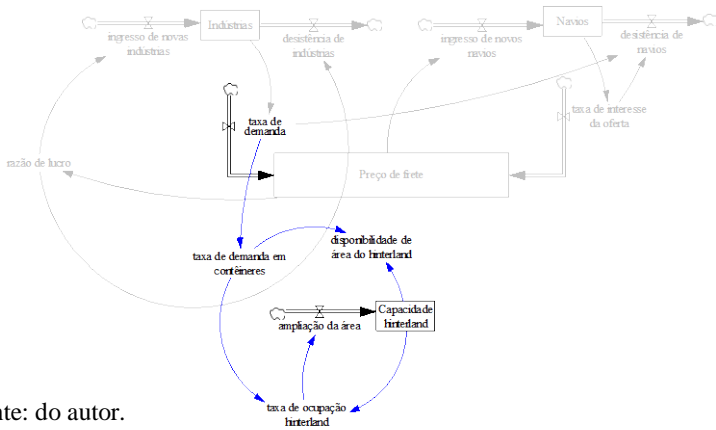
Deste modo, se a oferta for superior à demanda num determinado tempo t , o preço de frete sofrerá uma redução em seu valor, em caso contrário, o preço de frete sofrerá um aumento, no intuito de equilibrar o mercado, buscando-se a condição onde $tof = tdem$.

6.6 CAPACIDADE DO HINTERLAND

De acordo com Novaes *et al.* (no prelo) as áreas portuárias ocasionalmente sofrem com diversos problemas críticos que contribuem para os altos custos logísticos, sendo que um desses problemas é a falta de capacidade portuária. Assim, considerando que as operações de transporte marítimo envolvem também a necessidade de uma área (pátio) disponível no porto para recebimento e armazenamento de contêineres, conhecida como *hinterland*¹⁸, buscou-se incluir tal variável no modelo, conforme ilustrado em destaque na Figura 48.

Sendo assim, *Capacidade hinterland*, foi modelada como sendo uma variável do tipo estoque, identificada por *CapHin*, que representa a capacidade acumulada de armazenamento de contêineres, cuja unidade de medida é contêineres. Esta variável é alterada através do fluxo de entrada denominado *ampliação de área (amp)* que representa a capacidade adicional que o sistema recebe num dado instante de tempo. Esse adicional de capacidade ocorre quando gestores do *hinterland*, por exemplo, percebem uma tendência de crescimento da demanda por espaço e se antecipam na construção ou disponibilidade de pátio.

¹⁸ Apesar de ainda não haver uma única definição para o termo, aqui nesta tese será adotada a seguinte definição: a área em terra atrás do porto que é servida por ele (Hoyle, *apud* Amoyaw (1999)) em conjunto com a definição de Slack (1993) de que é a área de mercado do porto, a área em terra da qual ou para a qual o porto envia e recebe cargas.

Figura 48 - Diagrama de estoque-fluxo da capacidade do *hinterland*

Fonte: do autor.

Posto isso, $CapHin$ é expressa pelo valor inicial da capacidade do *hinterland* ($CapHin(t_0)$) somada à integração da taxa amp no tempo, conforme a equação (17):

$$CapHin(t) = CapHin(t_0) + \int_{t_0}^t amp dt, \quad (17)$$

onde a variável amp é expressa, num primeiro momento como:

$$amp = \begin{cases} 300.000, & toc \geq 0.75 \\ 0, & toc < 0.75 \end{cases}, \quad (18)$$

ou seja, se a taxa de ocupação (toc) da capacidade do *hinterland* for maior ou igual a 75% da capacidade utilizada, amplia-se a capacidade em mais 300.000 contêineres (valor adotado aleatoriamente), em caso contrário nada se faz pois a demanda estará sendo atendida pela capacidade disponível.

Para fins de cálculo da toc , que deve ser medida em contêineres, transformou-se a taxa de demanda ($tdem$), cuja unidade de medida era navios/mês, para contêineres/mês. Para isso considerou-se que um navio

tem capacidade para alocação de 10.000 contêineres e, portanto, a nova taxa de demanda, medida em contêineres é dada por:

$$tdemc = tdem \cdot 10.000, \quad (19)$$

e dessa maneira, a toc é expressa pela relação entre $tdemc$ e $CapHin$, conforme a equação (20):

$$toc = \frac{(tdemc)}{CapHin}. \quad (20)$$

Caso haja interesse em analisar, no decorrer do tempo, a disponibilidade de área do *hinterland*, foi inserida no modelo uma variável do tipo auxiliar, $disp$, dada por:

$$disp = CapHin - tdemc. \quad (21)$$

Na concepção de Manne (1961, 1967) a expansão da capacidade consiste do processo de adição de instalações no decorrer do tempo de modo a satisfazer a demanda crescente, sendo que as decisões sobre expansão da capacidade geralmente resultam em um “forte” investimento de capital. Portanto, o investimento eficiente de capital depende de tomada de decisões apropriadas quanto à realização da expansão, de modo que a demanda permaneça atendida por um longo período de tempo, a um custo mínimo de expectativa de duração descontado.

O modo tradicional de se minimizar economicamente o custo de expectativa de um projeto é através do cálculo do VPL - Valor Presente Líquido, onde os investimentos e custos são descontados utilizando uma taxa de interesse contínua r . De acordo com Casarotto e Kopittke (2010), a maneira clássica de cálculo do VPL pressupõe que valores monetários futuros com riscos desconhecidos são sumarizados pelos seus valores esperados, podendo ser expresso conforme a equação (22):

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{R_j - C_j}{(1+r)^j} - I_0, \quad (22)$$

onde:

R_j : receita obtida no período j

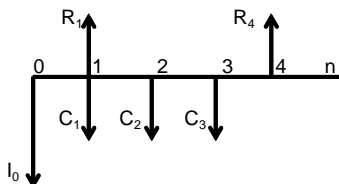
C_j : custo gerado no período j

I_0 : investimento inicial

r : taxa de interesse mensal

A representação gráfica da equação (22) é ilustrada na Figura 49:

Figura 49 - Representação de um fluxo de caixa



Fonte: Hirschfeld, 1999.

Para o cálculo da receita gerada, considerou-se o ganho mensal por contêiner armazenado na área do *hinterland*. Desta forma:

$$R_j = t d e m c_j \cdot p r e a r m a z, \quad (23)$$

onde *prearmaz* representa o preço mensal pago pelo armazenamento de um contêiner na área do *hinterland*. Já para o cálculo do custo incidente no período j , consideraram-se os custos provenientes dos investimentos em ampliação da capacidade de área do *hinterland*.

De acordo com Novaes *et al.* (no prelo), uma característica importante da maioria dos problemas de capacidade é o reconhecimento de economias de escala; ou seja, grandes instalações geralmente custam menos por unidade produzida do que as pequenas instalações. É interessante comentar que se a demanda estiver crescendo continuamente ao longo do tempo, ocorrerá um excesso de capacidade e, portanto, deve haver um acordo entre economia de escala e custo de excesso da capacidade, levando a uma solução ótima de investimento.

Neste sentido o termo “curva de aprendizagem¹⁹,” (Couto e Teixeira, 2005) indica que quanto mais tempo uma tarefa é executada,

¹⁹ O desenvolvimento das curvas de aprendizado deve-se a Wright (1936), sendo resultante da observação da redução no custo da montagem de aviões durante a Primeira Guerra Mundial. Essa redução obedecia a uma taxa constante, com a duplicação da quantidade de aviões produzidos, levando

menos tempo será necessário aos trabalhadores para fazerem cada iteração subsequente. À medida que repetições são efetuadas, o trabalhador demanda menos tempo para a execução da tarefa, seja pela familiaridade adquirida com os meios de produção, seja pela adaptação às ferramentas utilizadas ou pela descoberta de “atalhos” para realização da tarefa (Wright, 1936; Teplitz, 1991; Dar-El, 2000). A curva de experiência considera que cada vez que o volume acumulado dobra, os custos de valor agregado (incluindo construção, administração, logística, etc.) reduzem-se a um percentual previsível e constante. Dessa maneira, Couto e Teixeira (2005) expressam matematicamente a curva de experiência através da função potência, como segue:

$$I^{(m)} = I^{(1)} \cdot m^{-\theta}, \quad (24)$$

onde $I^{(1)}$ é o valor do custo de construção da primeira unidade, $I^{(m)}$ é o valor do investimento na m -ésima unidade, e θ é a elasticidade do custo de construção em relação ao número de unidades construídas em seqüência. Uma curva de experiência que represente uma redução de 25% do custo para cada vez que se duplique o número de unidades construídas é chamado de ‘uma curva de experiência de 75%’, indicando que o custo unitário caiu para 75% do seu valor original quando instalando o segundo item da série e assim por diante. Dessa maneira, o fator de experiência δ pode ser obtido através da equação (24) como:

$$\delta = I^{(2)} / I^{(1)} = 2^{-\theta}. \quad (25)$$

Aplicando logaritmo na equação (25) tem-se:

$$\theta = -\ln \delta / \ln 2, \quad (26)$$

e o custo total do investimento relacionado à instalação de m unidades em série é:

$$I^{(m)} = I^{(1)} \cdot \sum_{j=1}^m j^{-\theta}. \quad (27)$$

Wright a formular uma regra prática, denominada “curva de 80%”, para a indústria aeronáutica da época. Segundo essa regra, a montagem de determinada quantidade de aeronaves sofria redução de 20% no custo acumulado médio a cada duplicação da quantidade produzida (Teplitz, 1991).

6.7 INCENTIVO À EXPORTAÇÃO

Conforme já mencionado no item 0 desta tese, no Brasil o comércio exterior tem sido pouco utilizado como fator pró-ativo da estratégia do desenvolvimento e, lentas medidas têm sido adotadas no intuito de expandir a exportação de manufaturados. Sendo assim, ciente da importância da expansão das exportações de manufaturados brasileiros, decidiu-se incluir no modelo proposto, uma variável auxiliar que represente o incentivo ao aumento das exportações, denominada *incentivo à exportação* (*incexp*) a fim de avaliar o impacto gerado pelas indústrias ingressantes no sistema de transporte colaborativo.

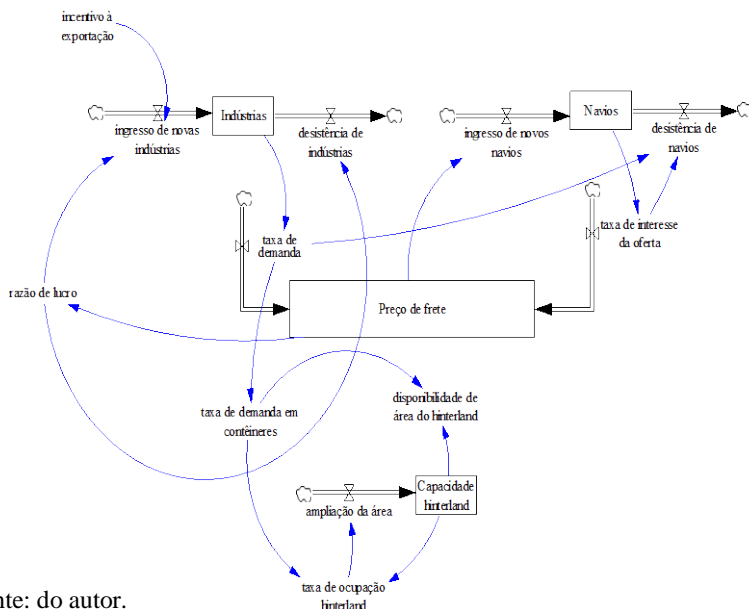
Para esta análise, não se considerou o modo pelo qual se dá esse incentivo (podendo ser ele através do apoio à P&D, ampliação da industrialização de produtos, estímulos a investimentos na produção de bens de alta tecnologia, redução de custos e impostos, além de outras políticas), mas sim, apenas o impacto gerado.

A Figura 50 apresenta o diagrama de estoque-fluxo que contém a variável *incexp* inserida. Esta variável foi modelada como sendo uma função do tipo “PULSE” (linguagem própria do *software* Vensim®). Esta função (de unidade adimensional), expressa como PULSE(início, duração) retorna o valor 1, no início programado e permanece pelo intervalo de duração também programado; sendo o valor 0 retornado em todos os demais tempos. Assim, considera-se:

$$incexp = \{60, t = 130\}, \quad (28)$$

ou seja, no instante $t = 130$ (escolhido aleatoriamente), há um ingresso de 60 indústrias adicionais ao sistema de transporte colaborativo, em função de um incentivo à exportação proporcionado às indústrias.

Figura 50 - Diagrama de estoque-fluxo do incentivo à exportação



Fonte: do autor.

Desta maneira, a inserção da variável *incexp* se dá à variável *ini*, expressa pela equação (6), que por sua vez passa a ser definida como:

$$ini = 8,1079 \cdot \exp(-2,179 \cdot ral) + incexp. \quad (29)$$

6.8 IMPACTO DA INDÚSTRIA MARÍTIMA

Ao se modelar o comportamento colaborativo das indústrias em relação ao transporte marítimo, não se pode deixar de considerar o impacto que a indústria marítima pode gerar sobre tal sistema, pois segundo Stopford (2009), o mercado da indústria marítima mundial engloba os mercados de frete, a construção de navios, o comércio de navios de segunda mão e a demolição de navios. Deste modo, foi

incluído no modelo um novo bloco de variáveis, conforme a Figura 51, que representa esse mecanismo, porém de maneira simplificada.

Esse novo bloco é composto por algumas variáveis já apresentadas anteriormente como $tdem$, tof , $Pref$, que influenciarão o sistema da indústria naval e também por Nav , que será influenciada pelo sistema. Além dessas variáveis, outras foram modeladas.

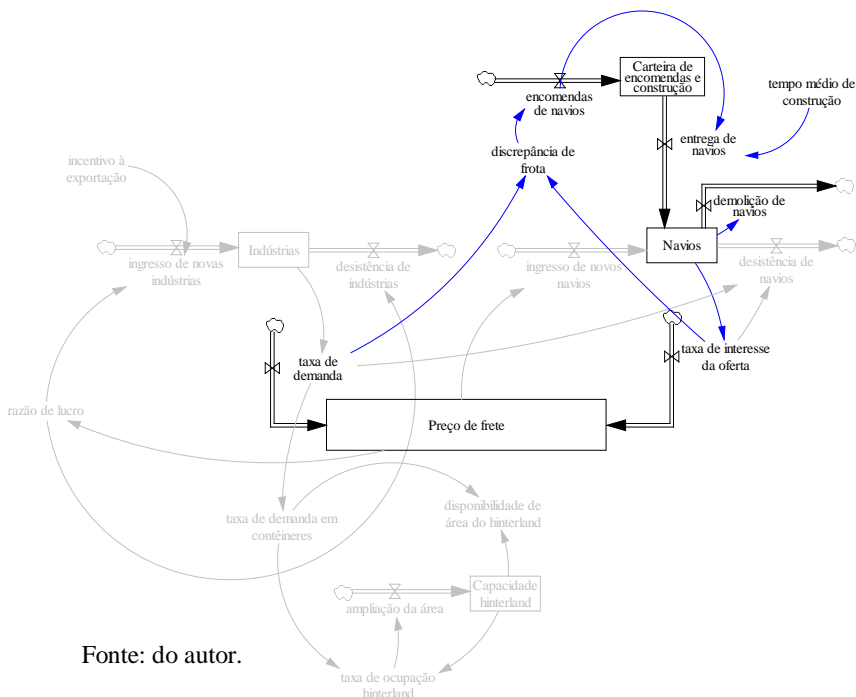
O valor da discrepância existente na frota marítima, $discrep$, pode ser interpretado como sendo a diferença entre $tdem$ e tof :

$$discrep = tdem - tof. \quad (30)$$

A variável $discrep$ tem o papel de informar o valor do número de encomendas de navios ($encnav$) a serem realizadas por período de tempo. Portanto:

$$encnav = \text{Max} \{0, discrep\}. \quad (31)$$

Figura 51 - Diagrama de estoque-fluxo do impacto da indústria marítima



Fonte: do autor.

A variável *encnav* é definida como sendo um fluxo de entrada alimentador da variável *Cartec*. Esta, na condição de variável do tipo estoque, representa a carteira de encomendas e construção existente; ou seja, o número acumulado de navios que estão em construção a cada instante; que também é influenciada pelo fluxo de saída de *entrega de navios* (*entnav*). A equação (32) define *Cartec*:

$$Cartec(t) = Cartec(t_0) + \int_{t_0}^t \dot{Z} dt, \quad (32)$$

sendo $Cartec(t_0)$, o valor inicial dessa carteira e \dot{Z} , a taxa de variação (no tempo) dos navios em construção. A variável \dot{Z} é expressa pela diferença entre o número de encomendas de navios e o número de entrega de navios no tempo t , conforme a equação (33):

$$\dot{Z} = encnav - entnav. \quad (33)$$

Por se tratar a construção de navios, um trabalho moroso, deve-se considerar a existência de um atraso entre o momento da encomenda de um navio e o momento de entrega do mesmo. Este atraso é modelado na linguagem do Vensim®, através da função DELAY1I(valor de entrada, duração, valor inicial), que retorna um atraso exponencial do valor de entrada.

De acordo com um estudo publicado por Montgomery (1995), onde se analisam os períodos de construção de estruturas não residenciais nos Estados Unidos entre os anos de 1961 e 1991, considera-se que o tempo médio para a finalização de um navio é de 16,7 meses (aproximadamente 1,4 anos), valor este que será adotado para a variável *tmc* (*tempo médio de construção*) para fins de cálculo neste modelo e assim, *entnav* pode ser equacionada como:

$$entnav = \frac{encnav}{tmc}. \quad (34)$$

sendo que além de ser um fluxo de saída de *Cartec*, também é reconhecida como sendo um fluxo de entrada da variável *Nav*, anteriormente definida no item 0. Esta, por sua vez, também é influenciada pelo fluxo de saída de *demolição de navios* (*demnav*), o qual representa a taxa com que são demolidos navios em cada período

de tempo t . Para critério de simplificação do problema, são desconsiderados os motivos pelos quais ocorrem as demolições e adota-se $demnav = Nav * 0.05$; ou seja, a taxa de demolição adotada é de 5% do valor dos navios existentes.

Posto isso, o novo valor de Nav , anteriormente expresso pela equação (9), é dado por:

$$Nav = \text{Max} \left\{ (entnav + inn - dn - demnav), 0 \right\}, \quad (35)$$

ou seja, o maior valor entre 0 e a diferença entre a entrega, o ingresso, a desistência e a demolição de navios.

6.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O MODELO PROPOSTO

Devido o tema de estudo desta tese ser muito abrangente, foi adotado como critério de delimitação do mesmo a simplificação do problema, de modo a tornar viável a construção do modelo e análise do comportamento das variáveis, bem como permitir a compreensão do sistema transporte colaborativo marítimo.

Assim, foi proposto um modelo baseado no método *System Dynamics* que compreende: o comportamento das indústrias, ao ingressarem num sistema de transporte colaborativo marítimo; o comportamento dos navios atuantes nesse sistema; o comportamento do preço de frete praticado no sistema, baseando-se nas leis de mercado de oferta e demanda; o comportamento da infraestrutura do sistema, ou seja, da capacidade do *hinterland* e sua performance quando em variação do comportamento das indústrias, além do comportamento do sistema ao se adotar uma política de incentivo às exportações, ação esta passível de ocorrer na economia real, bem como a influência da indústria marítima sobre o sistema de transporte marítimo. As análises geradas após as simulações serão apresentadas no capítulo seguinte.

7.RESULTADOS

Os resultados provêm do aproveitamento das oportunidades e não da solução dos problemas. A solução de problemas só restaura a normalidade. As oportunidades significam explorar novos caminhos (Peter Drucker, ano desconhecido).

7.1 INTRODUÇÃO

Para avaliar o comportamento do modelo proposto, construiu-se um estudo com dados empíricos. A análise do problema em estudo prestou-se para demonstrar a funcionalidade do modelo e também avaliá-lo em relação à sensibilidade de suas variáveis. Portanto, neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos através da simulação do modelo computacional descrito no capítulo anterior, que permitiram a compreensão dos mecanismos de funcionamento do transporte colaborativo marítimo. Este capítulo está dividido em duas partes. Na primeira parte serão apresentados os gráficos obtidos a partir dos diagramas de estoque-fluxo modelados bem como discussões à respeito. Na segunda parte serão relatados os principais benefícios do transporte colaborativo marítimo, identificados no decorrer deste trabalho.

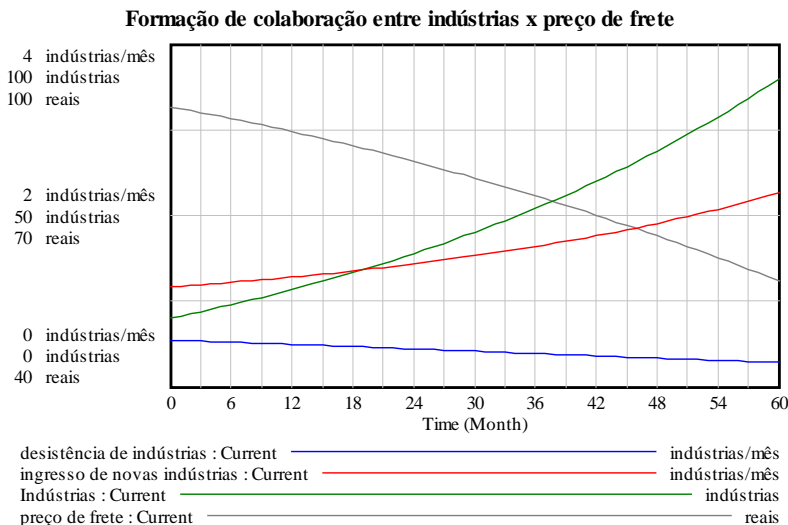
7.2 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DAS INDÚSTRIAS

Ao iniciar a análise do comportamento dinâmico das variáveis, considera-se como valor inicial, $Ind(t_0) = 20$ e que $Pref$ é elevado (em torno de R\$ 90,00). Esta situação faz com que inicialmente a taxa di seja relativamente alta (não é atrativo às indústrias ingressarem na colaboração devido o custo da colaboração ser maior que o custo individual de atuação), enquanto que a taxa ini é relativamente baixa (ou seja, são inversamente proporcionais).

À medida que o valor de $Pref$ é reduzido, torna-se interessante às indústrias ingressarem na colaboração, portanto a taxa ini é elevada, crescendo exponencialmente aumentando o número de Ind , o que reduz o valor da variável $Pref$, fechando-se um ciclo de balanço (*Balance*

Looping). Enquanto o negócio é favorável à elas, reduz-se a taxa de *di*, conforme ilustra a Figura 52.

Figura 52 - Comportamento da colaboração entre indústrias em função do preço de frete



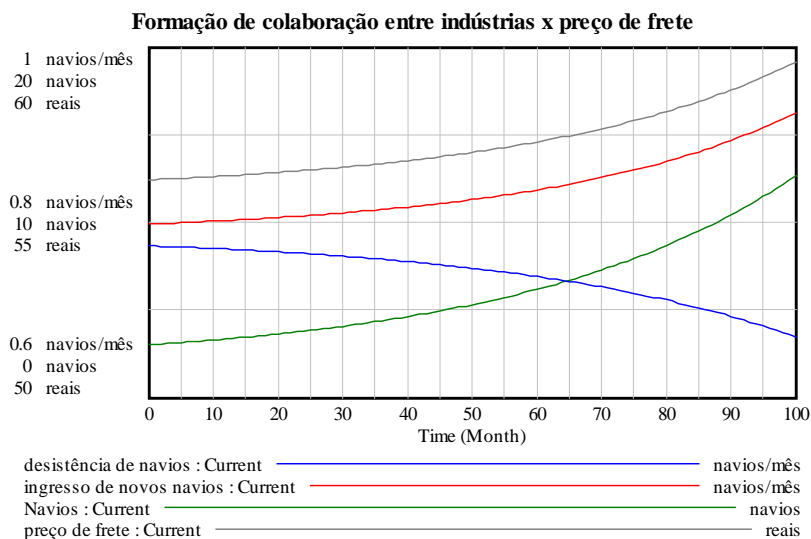
7.3 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DOS NAVIOS

Ao iniciar a análise do comportamento dinâmico das variáveis, considera-se como valor inicial, $Nav(t_0) = 3$ e que o *Pre_f* gira em torno de R\$ 56,00. Esta situação faz com que inicialmente *dn* seja alta, pois a um baixo preço de frete, os armadores ofertam poucos navios. À medida que o preço de frete é elevado, eleva-se o fluxo de ingresso de novos navios e, conseqüentemente o número de navios disponíveis no mercado, fechando-se um ciclo de reforço (*Reinforce Looping*). Com isso, reduz-se o fluxo de desistência de navios, conforme ilustra a Figura 53.

Considerando que no mercado de transporte marítimo as indústrias dependem da disponibilidade de navios para exportarem seus produtos e que os armadores dependem da informação da demanda por transporte por parte das indústrias para ofertarem seus navios, assume-se

que o fator principal em comum a ambos é o preço de frete praticado no mercado. Portanto, a fim de verificar a dinâmica dessa sistemática, no item a seguir será apresentado o diagrama de estoque-fluxo que contém ambos os ciclos (o das indústrias e o dos navios), variando em função do preço de frete.

Figura 53 - Comportamento da oferta de navios em função do preço de frete

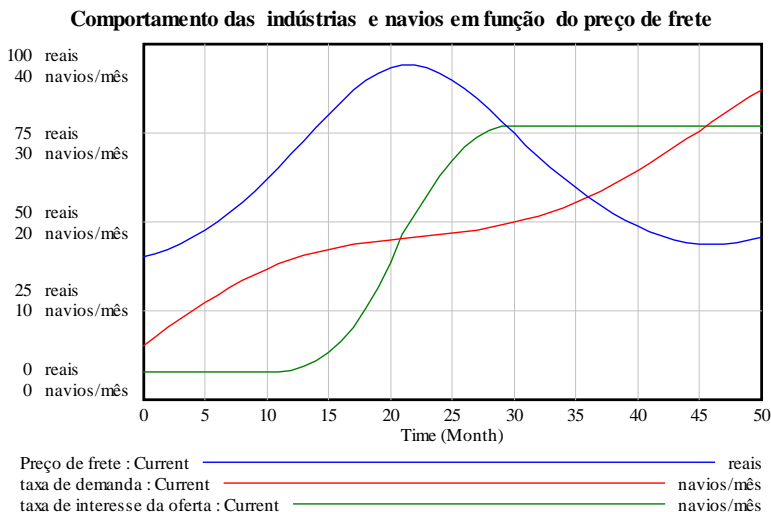


7.4 COMPORTAMENTO DAS INDÚSTRIAS E DOS NAVIOS EM FUNÇÃO DO PREÇO DE FRETE MARÍTIMO

Para a geração da Figura 54 utilizaram-se como dados de entrada: $Ind(t_0) = 20$, $Nav(t_0) = 3$ e $Pref(t_0) = 40$ e tempo de análise igual a 50 meses. Para estas condições, com o preço de frete a um baixo valor, não é atrativo aos armadores ofertarem novos navios no mercado, portanto, mantendo-se constante conforme a oferta inicial de 3 unidades, até aproximadamente o tempo 10, quando então o preço de frete começa a elevar-se mais bruscamente, tornando favorável o ingresso de novos navios. Isso se mantém até que o preço de frete alcance seu ponto de máximo (aproximadamente no tempo 20), onde a oferta é superior à

demanda, e inicie o processo de redução, o que faz com que cesse o ingresso de novos navios (aproximadamente no período 30).

Figura 54 - Colaboração entre indústrias e dos navios em função do preço de frete, 50 meses



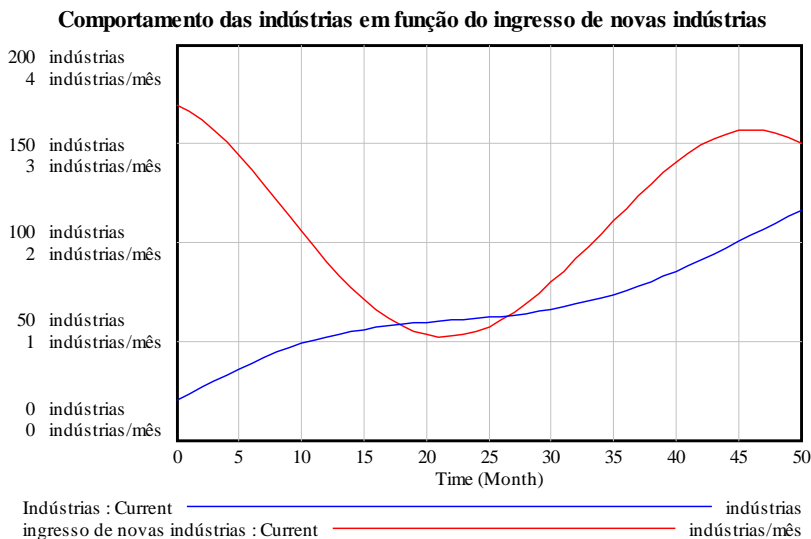
Fonte: do autor.

Analisando a situação da demanda (indústrias em colaboração demandando navios), inicialmente esta apresenta comportamento crescente, porém a uma taxa (*ini*), decrescente. À medida que o valor do fluxo decresce, a taxa de aumento do estoque decresce. É válido comentar que mesmo que o valor do fluxo *ini* seja decrescente, o nível do estoque *Ind* é ainda crescente e que, sempre que existir um fluxo positivo incidindo sobre o estoque, o valor de estoque estará aumentando, conforme Figura 55.

Conforme se verifica, o valor do fluxo *ini* indica a inclinação da curva do estoque *Ind*, em cada instante de tempo. Entre os tempos 0-20, o fluxo incidente sobre o estoque é decrescente, portanto o incremento no valor do estoque é reduzido, porém entre os tempos 20-45 o fluxo incidente é crescente, e isso faz com que o valor do estoque seja cada vez mais elevado. Sendo assim, pode-se assumir que a inclinação da curva de estoque em um ponto específico no tempo é igual ao fluxo resultante (entrada - saída) neste tempo; ou seja, a inclinação do estoque

em um dado ponto no tempo é igual à inclinação da linha tangente à curva neste dado tempo.

Figura 55 - Variação no número de indústrias em função da taxa de ingresso de novas indústrias

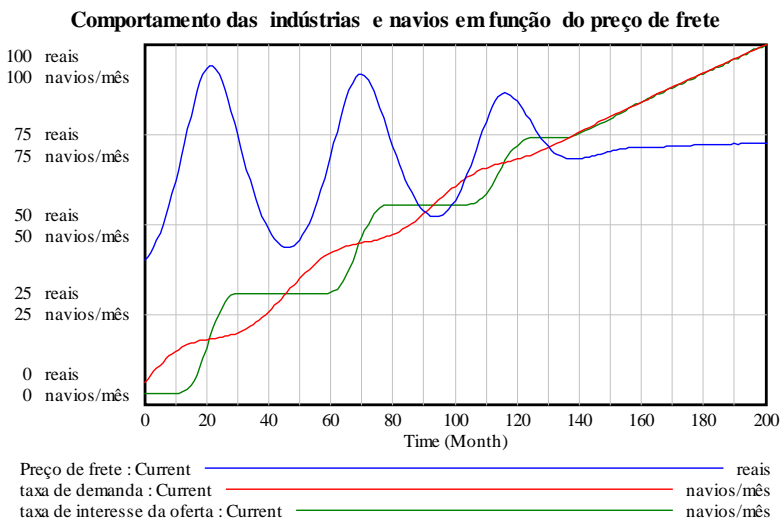


Fonte: do autor.

Posteriormente ao ponto de máximo da variável *Pref* na Figura 54, à medida que o valor do frete é reduzido, eleva-se o número de indústrias participantes na colaboração e a taxa de ingresso de novas indústrias neste caso é positiva, pois quanto menor o valor do preço do frete, mais atrativo se torna às indústrias ingressarem na colaboração.

Ao considerar o período de análise como sendo de 200 meses, tem-se o seguinte comportamento, conforme ilustra a Figura 56:

Figura 56 - Colaboração entre indústrias e dos navios em função do preço de frete, 200 meses

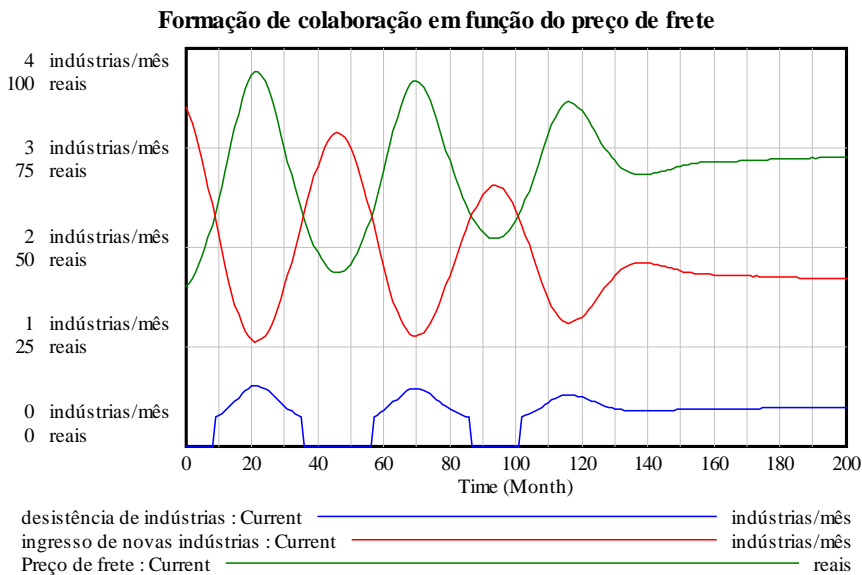


Fonte: do autor.

A oferta de navios e demanda de navios, por parte das indústrias exportadoras, tendem no decorrer do tempo, a reduzirem o *gap* existente entre seus volumes e isso, faz com que se reduzam as oscilações no preço de frete, levando ao equilíbrio de mercado, por volta do tempo 140, quando a $tof = tdem \approx 75$ unidades e, $Pref \approx 71$ reais. Apesar do preço se estabilizar sempre haverá oscilações e isso afeta $tdem$ e tof , além de ini , di , inn e di que continuam agindo, independente do preço estabilizado; o que demonstra o poder da colaboração atuando e favorecendo o crescimento de $tdem$ e tof .

Analisando o comportamento das indústrias em colaboração, as quais atuam em função de $Pref$, seja no ingresso de novas indústrias (ini) ou na desistência de indústrias (di), tem-se o seguinte:

Figura 57 - Formação de colaboração em função do preço de frete

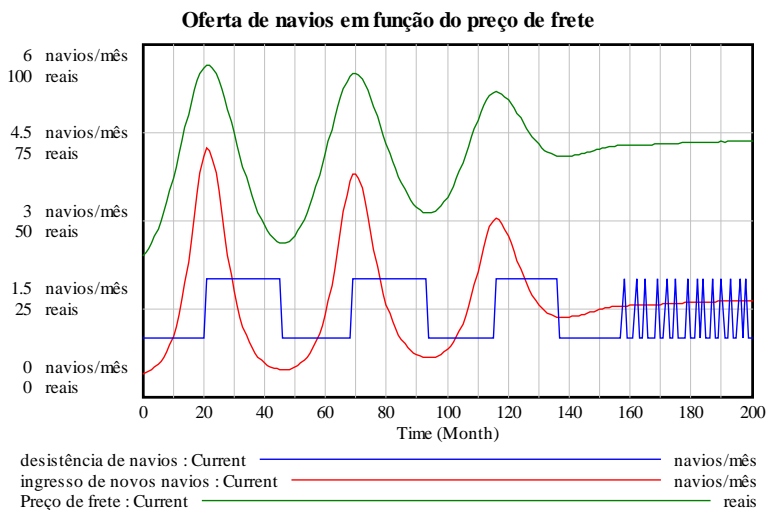


Fonte: do autor.

O que se verifica na Figura 57 é que a taxa di é proporcional à variável $Pref$, ou seja, à medida que $Pref$ se eleva, eleva-se o número de di , pois neste caso é economicamente viável às indústrias atuarem isoladamente; e se $Pref$ é reduzido, reduz-se também o valor de di . Já em relação ao número de indústrias ingressantes, pode-se dizer que este é inversamente proporcional ao valor do preço de frete: se $Pref$ se eleva, reduz-se ini ; e quando $Pref$ reduz-se, eleva-se o valor de ini .

O comportamento de tof , o qual é regido pela variável $Pref$, varia através de dois fluxos: o ingresso de novos navios (inn) e a desistência de navios (dn), conforme ilustra a Figura 58.

Figura 58 - Comportamento da oferta de navios em função do preço de frete



Fonte: do autor.

À medida que o valor de *Pref* se eleva, eleva-se a taxa *inn* no mercado, uma vez que os armadores desejam maximizar suas receitas, oriundas do afretamento de navios e, portanto, conforme a equação (14), $dn = 1$, ou seja, somente 1 unidade de navio abandona o sistema, por unidade de tempo. Quando $t = 22$, a variável *Pref* alcança seu valor máximo de R\$ 93,82, e a partir desse ponto, como $tof / tdem \geq 1$, a desistência de navios passa a ser $dn = 2$ navios por unidade de tempo.

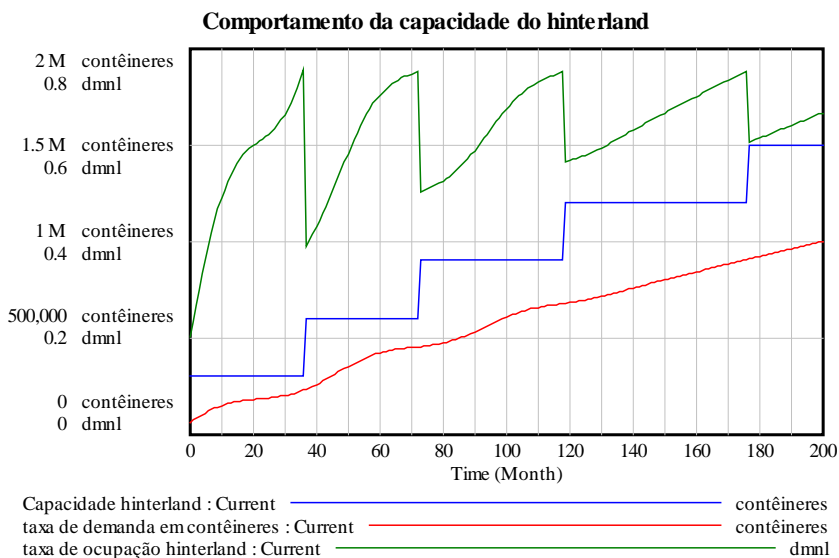
O excesso de oferta de navios no mercado faz com que o preço de frete seja reduzido, uma vez que as indústrias em colaboração têm maior poder na negociação do valor do mesmo. O preço de frete, portanto reduz-se até o ponto em que começam a faltar navios no mercado, por volta do tempo 46 quando $tof / tdem < 1$, e então os armadores começam a aumentar novamente o valor do preço de frete, repetindo-se o ciclo ao longo do tempo, até que se alcance o ponto de equilíbrio (por volta do tempo 140).

7.5 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA CAPACIDADE DO *HINTERLAND*

Para iniciar a análise do comportamento da capacidade do *hinterland*, considerou-se $CapHin(t_0) = 300.000$ e $tdemc = 60.060$, sendo que o valor inicial de $tdemc$ é resultante do valor de $Ind(t_0)$, que foi transformado em $tdem$, que por sua vez, resultou no valor de $tdemc$.

Analisando a Figura 59 pode-se perceber que inicialmente sendo $CapHin(t_0) > tdemc$, haverá uma baixa ocupação da capacidade, com $toc = 0,20$.

Figura 59 - Análise da capacidade do *hinterland*



Fonte: do autor.

À medida que $tdemc$ cresce, toc também cresce, ou seja, a capacidade do *hinterland* começa a ser mais utilizada até quando em $t = 36$, $toc = 0,75$, ou seja, 75% da capacidade do *hinterland* está

sendo utilizada e, portanto, no instante seguinte amplia-se a capacidade em mais 300.000 contêineres, e assim, o novo valor da capacidade disponível é $CapHin = 600.000$. Neste instante, a taxa de ocupação é novamente reduzida, sendo $toc = 0,39$. Este procedimento se repete ao longo do período em análise, havendo outras ampliações da capacidade nos instantes $t = 73$, $t = 119$ e $t = 177$, quando então as novas taxas de ocupação tornam-se iguais a $toc = 0,50$, $toc = 0,56$ e $toc = 0,60$, respectivamente, havendo uma tendência de saturação da capacidade no longo prazo, ou seja, a medida adotada até então, de $amp = 300.000$ contêineres a cada novo incremento da capacidade, não será mais válida no futuro, quando a demanda estará crescendo muito mais rapidamente do que o incremento realizado exigindo-se, portanto, nova estratégia de expansão.

Com base neste cenário de ampliação da capacidade, apresentado na Figura 59, é calculado o VPL do investimento considerando, portanto, os seguintes dados expostos na Tabela 15.

Tabela 15 - Dados utilizados para cálculo do VPL²⁰

Investimento inicial no <i>hinterland</i>	Capacidade <i>hinterland</i> (em contêineres)	Área requerida por contêiner (m²)	Capacidade <i>hinterland</i> em área (m²)	Preço (\$/m²)	Total investido (em 1.000 \$)
	300.000	1,5	450.000	150,00	67.500,00

Fonte: do autor.

Dessa maneira, considerando a taxa de interesse mensal $r = 2\%$ a.m. e que o preço mensal pago pelo armazenamento de um contêiner na área do *hinterland* é de R\$ 500,00, o valor encontrado é: $VLP \approx 7,6$ bilhões de \$, para um período de análise de 200 meses.

Considerando que ao se analisar a viabilidade de investimento em um empreendimento qualquer, como o caso da expansão da capacidade do *hinterland* portuário, o que se busca geralmente é o melhor retorno financeiro (melhor VPL), conforme descrito no item 0; diversos cenários

²⁰ Tendo em vista a dificuldade de obtenção de dados reais foram utilizados dados fictícios, porém considerando uma escala próxima às reais práticas do mercado de transporte marítimo.

foram analisados (conforme a Tabela 16) variando-se o instante (t) a ser investido, bem como, as quantidades de ampliações a cada período, no intuito de se obter ganhos com economia de escala (considerando $\theta = 0,25$).

Tabela 16 - Dados dos cenários analisados

t	Cenários											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	<i>amp</i>	<i>amp</i>	<i>amp</i>	<i>amp</i>	<i>amp</i>	<i>amp</i>	<i>amp</i>	<i>amp</i>	<i>amp</i>	<i>amp</i>	<i>amp</i>	<i>amp</i>
20			1						3			
37	1	1		2	1	1	3	3	1	1	4	
50			1									4
73	1	1		1	1	1						
90			1					1		3		
119	1	1	1	1								
177	1					2	1					
197		1			2							
<i>toc min</i>	0,39	0,40	0,30	0,27	0,40	0,40	0,20	0,20	0,15	0,36	0,16	0,24
<i>toc max</i>	0,76	0,82	0,67	0,78	1,10	1,01	0,78	0,78	0,67	0,88	0,78	1,16
Δ % em relação ao cenário 1	-	0,01	-0,41	-0,33	0,09	0,06	-0,39	-0,51	-1,24	-0,07	-0,67	-0,64

Fonte: do autor.

O cenário 1 é o mesmo cenário apresentado na Figura 59.

Na parte superior da Tabela 16 são apresentados os cenários analisados onde a numeração (variando de 1 a 4) nas células, indica a grandeza da ampliação realizada na capacidade do *hinterland*. Por exemplo: o valor 1 indica que a grandeza da ampliação foi igual a 1 vez o tamanho da capacidade inicial do *hinterland* ($CapHin(t_0) = 300.000$ contêineres); o valor 2 indica que a grandeza da ampliação foi igual a 2 vezes o tamanho da capacidade inicial do *hinterland* ($2 \cdot CapHin(t_0) = 2 \cdot 300.000 = 600.000$ contêineres) e assim por diante. Na parte inferior são apresentados os resultados obtidos da taxa de ocupação máxima da capacidade do *hinterland* e da taxa de ocupação mínima do *hinterland*, geradas em decorrência dos instantes em que se amplia a capacidade. Por fim, a última linha da Tabela 16 apresenta a variação percentual do VPL obtido para cada cenário, se comparados com o cenário 1 (resultado obtido antes da análise de cenários).

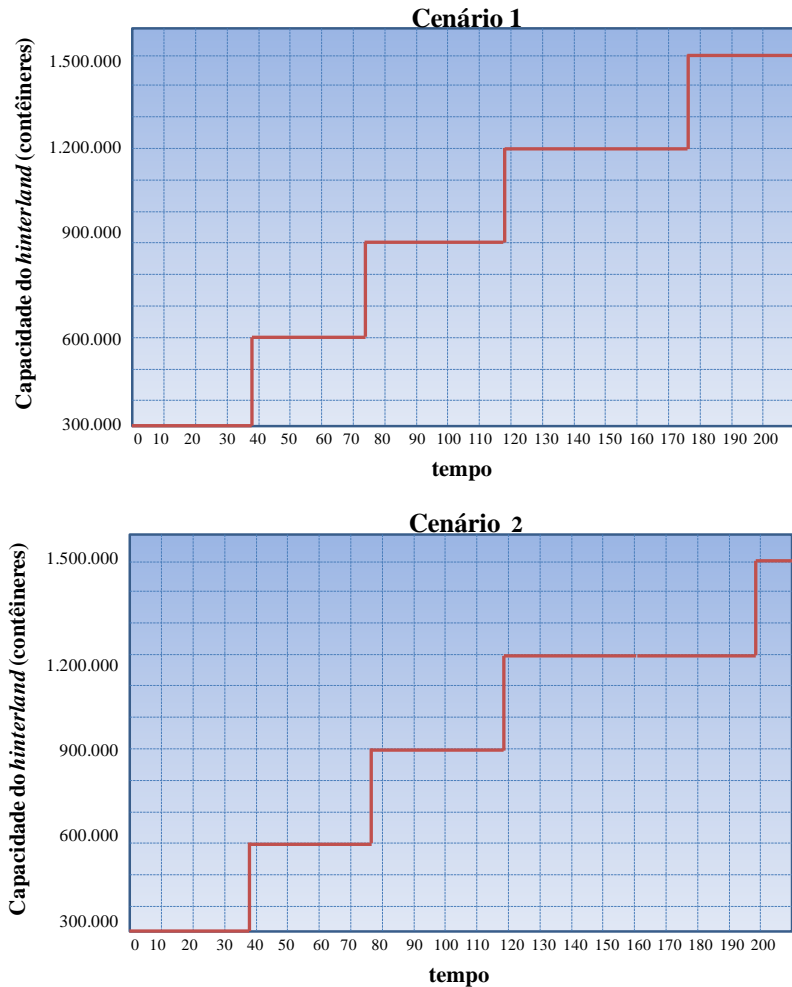
Para Bashyam (1996), antecipar o investimento de capacidade em relação ao competidor é uma boa estratégia, principalmente quando o mercado está altamente otimista ou altamente pessimista. Porém, de acordo com as simulações realizadas, o melhor retorno de VPL ocorre no cenário 5, quando se atrasa o investimento das duas últimas ampliações (grandeza 2) para o instante $t = 197$, e desta maneira obtém-se ganhos com economia de escala, resultando em uma variação percentual positiva de 0,09 em relação ao cenário 1. Se implementado este cenário, no decorrer do período de análise (200 meses), a taxa mínima de ocupação da capacidade do *hinterland* será $toc_{\min} = 0,40$, ou seja, haverá um instante onde a capacidade estará ociosa e também, a taxa máxima de ocupação da capacidade do *hinterland* será $toc_{\max} = 1,10$, ou seja, a última ampliação ocorre quando a capacidade do *hinterland* está acima de seu limite.

Caso se opte por não operar no limite da capacidade do *hinterland*, o segundo melhor retorno de VPL ocorre no cenário 2, quando se atrasa para o instante $t = 197$ a última ampliação, obtendo-se $toc_{\min} = 0,40$ e $toc_{\max} = 0,82$, com uma variação percentual positiva de 0,01 em relação ao cenário 1. Ainda baseando-se na Tabela 16, o pior cenário analisado é o cenário 9, com uma variação percentual negativa de $-1,24$ em relação ao cenário 1. Este cenário buscou antecipar as ampliações para o início do período de análise $t = 20$ e $t = 37$, quando se ampliou com grandeza 3 e 1, respectivamente, ou seja, o investimento realizado inicialmente foi muito alto (e muito superior à necessidade), alastrando-se a dívida por todo o período de análise sendo que as receitas geradas neste decorrer, não foram suficientemente maiores à ponto de equilibrar o VPL. Na Figura 60 são ilustrados os cenários 1 e 2 e na Figura 61 são ilustrados os cenários 5 e 9, ambos na forma gráfica de Gantt de modo a apresentar os instantes onde ocorrem ampliações da capacidade, bem como a grandeza destas.

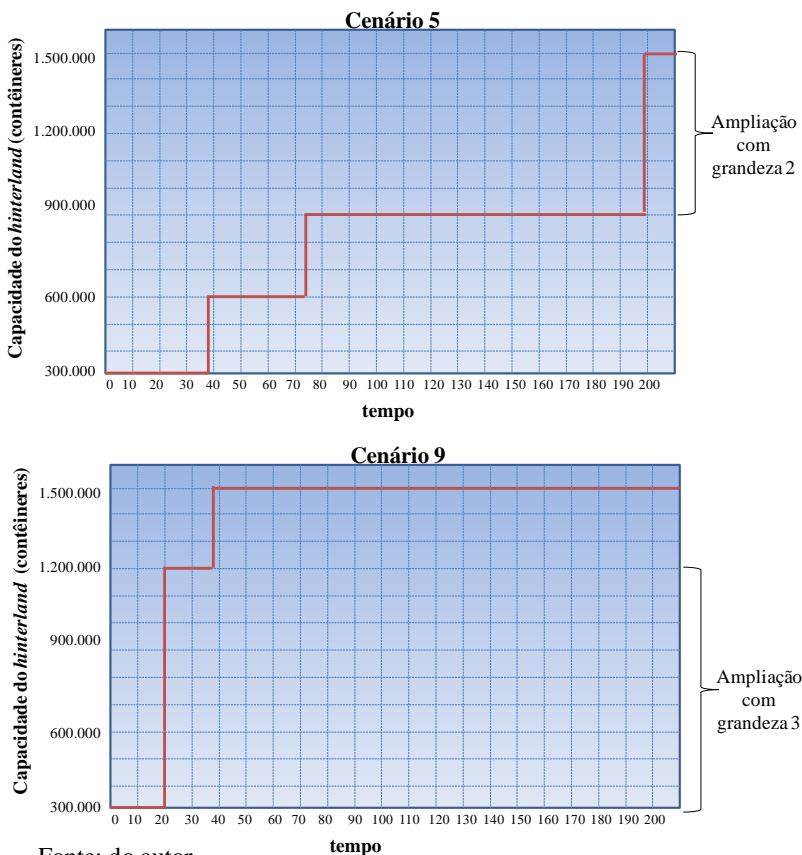
De maneira sucinta, conclui-se a partir das simulações realizadas que a capacidade do *hinterland* apresenta papel vital em situações de crise. Enquanto há capacidade suficiente de armazenamento de contêineres, o porto (ou terminal) pode negociar com uma grande quantidade de navios, mas quando toda a capacidade está ocupada, a negociação pode reduzir-se dramaticamente, havendo necessidade de

tomadas de ações corretivas, sendo que mesmo quando a crise está encerrada, leva um longo período de tempo para as atividades e negociações retornarem à situação normal.

Figura 60 - Cenários 1 e 2 de ampliação da capacidade do *hinterland*



Fonte: do autor.

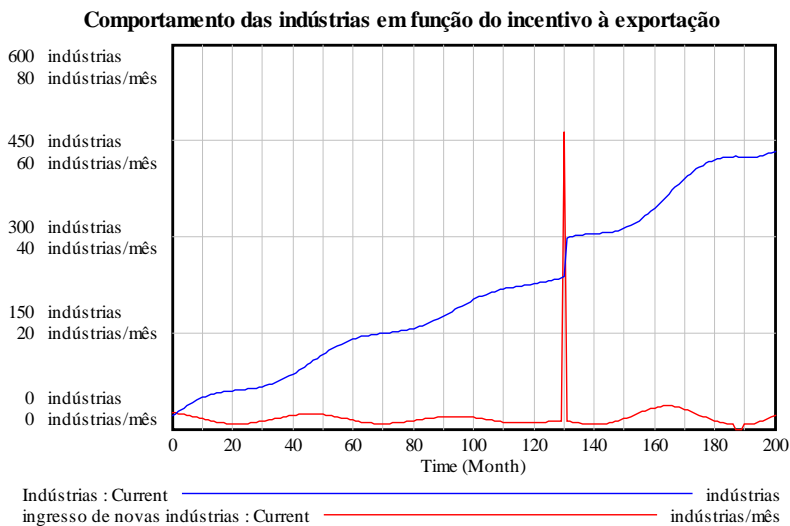
Figura 61 - Cenários 5 e 9 de ampliação da capacidade do *hinterland*

Fonte: do autor.

7.6 ANÁLISE DO INCENTIVO À EXPORTAÇÃO

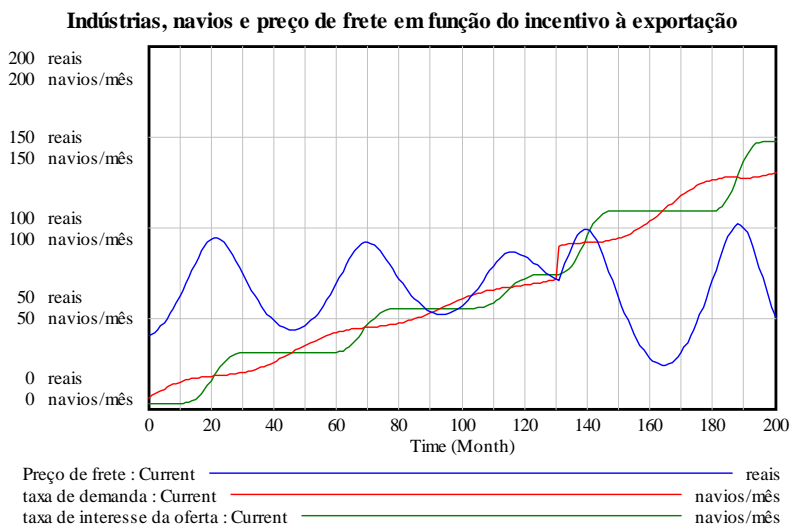
Dada a equação (28) é possível verificar na Figura 62 que no instante $t = 130$ há um salto na variável ini , de 1,669 para 61,70 e, conseqüentemente, no instante seguinte há um salto na variável Ind de 236,91 para 298,25; ou seja, o incentivo à exportação resultou num ingresso maior de indústrias no sistema de transporte colaborativo, o que acarretou conseqüências nas variáveis Ind , $tdem$, tof e $Pref$.

Figura 62 - Análise do comportamento das indústrias em função do incentivo à exportação



Fonte: do autor.

Figura 63 - Indústrias, navios e preço de frete após incentivo à exportação



Fonte: do autor.

Ao comparar a Figura 56 com a Figura 63 percebe-se facilmente o impacto da política de incentivo à exportação, a qual, por sua vez, contribui para o ingresso de novas indústrias, elevando $tdem$. Quando isso ocorre, o gap entre $tdem$ e tof (*taxa de interesse de oferta*) se eleva, acarretando elevação em $Pref$, que em momentos seguintes, ocasiona um acréscimo em tof , que acaba por desregular o sistema. Sendo assim, dentro do período de análise ($t = 200$ meses), não há convergência das variáveis e o preço de frete praticado oscila muito após a política de incentivo à exportação, de R\$ 24,11 a R\$ 101,82.

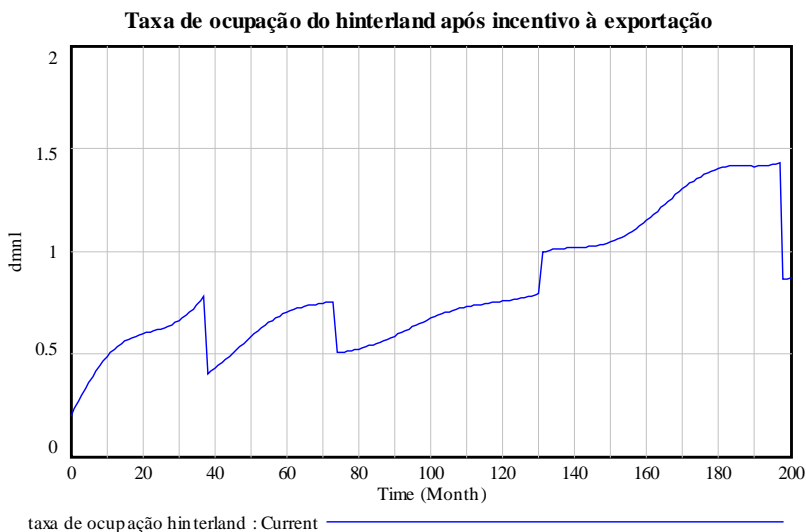
Outra questão que merece atenção a partir da inserção do plano de incentivo à exportação é a capacidade do *hinterland*. Para isso, é tomado como base, o melhor cenário de ampliação da capacidade do *hinterland*, no caso, o cenário 5, conforme apresentado no item 0 desta tese. Este cenário indica que as ampliações da capacidade devem ocorrer nos instantes 37, 73 e 197, com grandeza de ampliação de 1, 1 e 2 respectivamente, conforme ilustrado na Tabela 16.

Como o incentivo à exportação ocorre no instante 130, após este período haverá um número inesperado de indústrias ingressantes no sistema, o que ocasionará um congestionamento na área do *hinterland*, ocorrendo uma ocupação máxima com $toc = 1,43$, ou seja, uma ocupação de 43% superior à capacidade existente no sistema, até que ocorra uma nova ampliação da capacidade no instante 197 (ver Figura 64).

Como em muitas situações essa ocupação de 43% não é suportável, as indústrias são obrigadas a armazenar suas mercadorias e contêineres nas proximidades, o que acarreta o aumento do custo do frete e do produto. Em situações como esta, uma segunda alternativa é enviar tal excedente a outro porto, que tenha uma área disponível no *hinterland*.

Portanto, é extremamente importante a análise de variáveis exógenas ao modelo como o impacto de políticas de incentivo ao aumento das exportações, no intuito de evitar ou amenizar os problemas decorrentes dessa ação e, dessa maneira, buscar implementar ações preventivas.

Figura 64 - Taxa de ocupação do *hinterland* após implantação de política de incentivo à exportação



Fonte: do autor.

7.7 ANÁLISE DO IMPACTO DA INDÚSTRIA MARÍTIMA

Para a simulação deste bloco de variáveis considerou-se o seguinte:

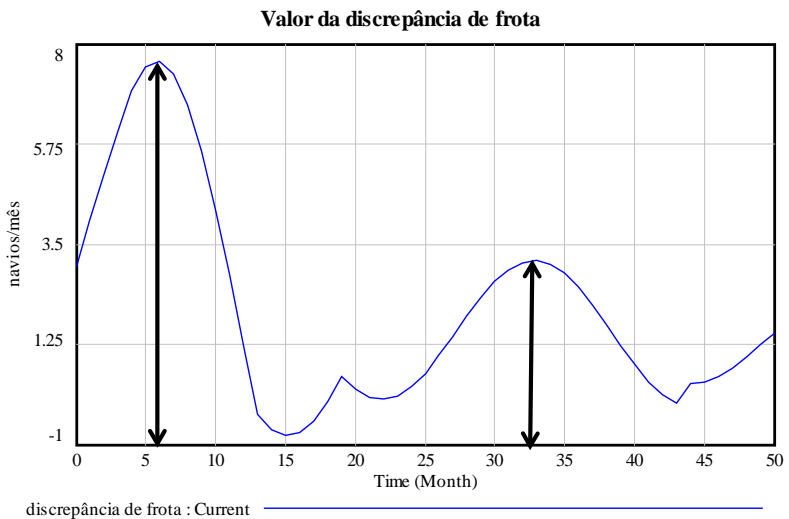
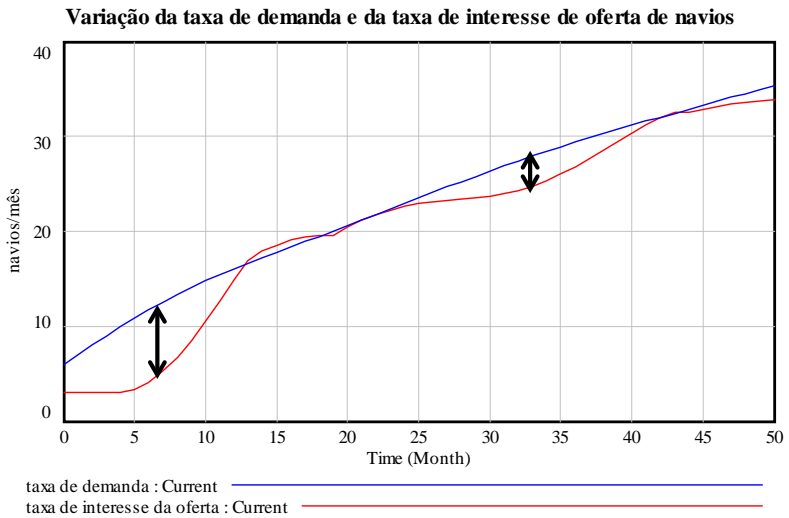
- a variável *incexp*, definida pela equação (28), recebeu valor nulo, com o propósito de não influenciar os resultados gerados pelo comportamento da indústria marítima que devem ser comparados aos resultados obtidos no item 0;
- $Cartec(t_0) = 0$;

No intuito de compreender a influência da indústria marítima sob o sistema de transporte colaborativo marítimo inicia-se a análise através da diferença entre as variáveis *tdem* e *tof*, que resulta no valor de *discrepância de frota*, ou seja, no valor do *gap* entre a demanda e a oferta por navios. Para a ilustração destas variáveis, considerou-se um tempo de análise, $t = 50$, para facilitar a análise.

No gráfico superior da Figura 65, quando $t = 6$, $tdem = 2,86 \cdot tof$, ou seja, a taxa da demanda assume um valor quase que o triplo do valor da taxa de interesse de oferta e isso faz com que a *discrepância de frota* alcance seu valor máximo, $discrep \approx 7,61$ (conforme gráfico inferior da Figura 65). Posteriormente, tanto $tdem$ como tof são crescentes, porém a diferença entre ambas é reduzida, aproximando-as, até que novamente no instante $t = 33$, $tdem$ ultrapassa tof e a discrepância é elevada.

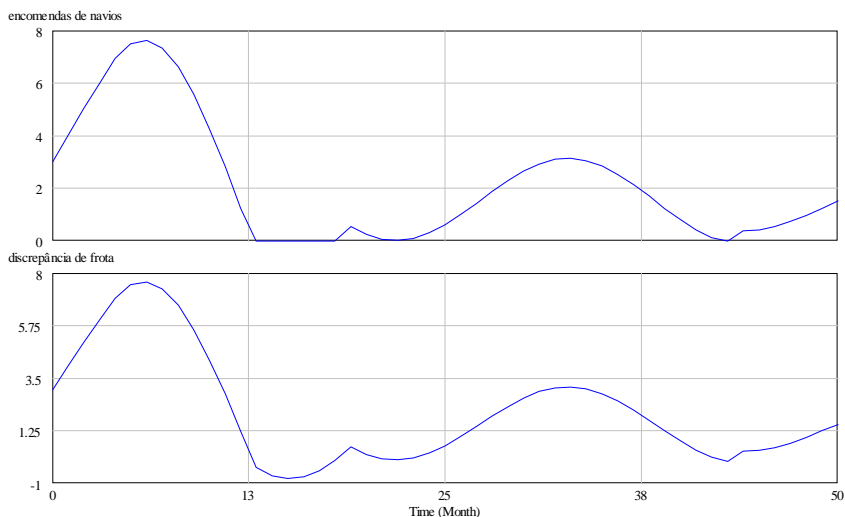
Sempre que a discrepância de frota for positiva, há necessidade de suprir a demanda existente por navios, e seguindo este raciocínio, a variável *encomendas de navio* assume o valor dessa discrepância (ver Figura 66).

Figura 65 - Impacto da indústria marítima na taxa de demanda e na taxa de interesse de oferta de navios



Fonte: do autor.

Figura 66 - Comportamento das encomendas de navios em função da discrepância de frota

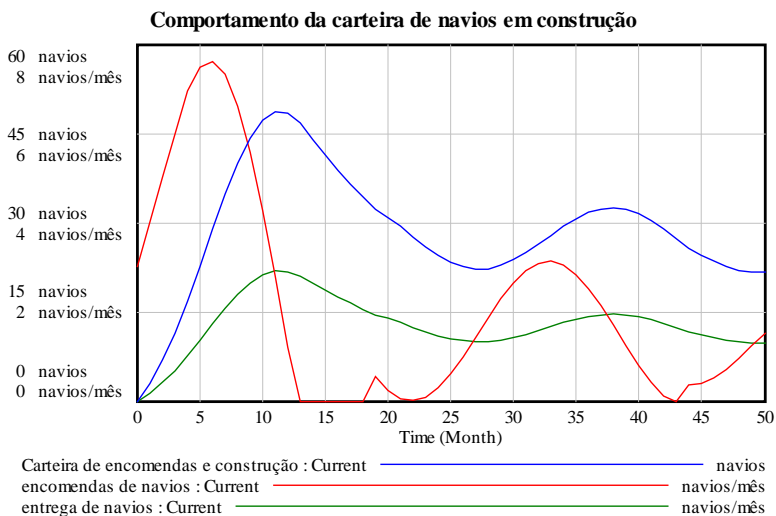


Fonte: do autor.

Uma vez que há encomendas por novos navios, à medida que estes vão sendo construídos, farão parte do estoque da *Carteira de encomendas e construção*, o qual também é alterado pela parcela de navios entregues, conforme ilustra a Figura 67.

No início da simulação há uma taxa crescente na encomendas de navios, o que gera um acúmulo de encomendas de construção de navios e à medida que o tempo avança, inicia-se a entrega dos mesmos. Como o tempo de construção de um navio é de 16,7 meses, considera-se que a cada instante decorrido da encomenda, são efetuadas entregas parciais do projeto (conforme equação (34)). Um exemplo do atraso existente pode ser visualizado ao se comparar o comportamento da variável *enclav*, que atinge seu valor máximo em $t = 6$ e da variável *Cartec*, que atinge valor máximo apenas em $t = 11$.

Figura 67 - Carteira de navios em construção em função das taxas de encomendas e de entrega

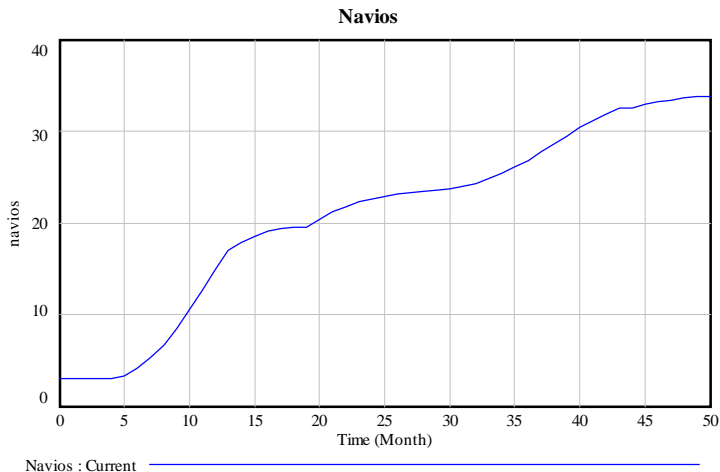


Fonte: do autor.

Ainda em relação à Figura 67, conclui-se que a variável *entnav* será sempre proporcional à *Cartec*, formando um ciclo de retroalimentação negativo (*Negative Feedback Loop*), uma vez que quanto maior a carteira de encomendas de navios, maior será o fluxo de entrega dos mesmos, reduzindo-se o estoque.

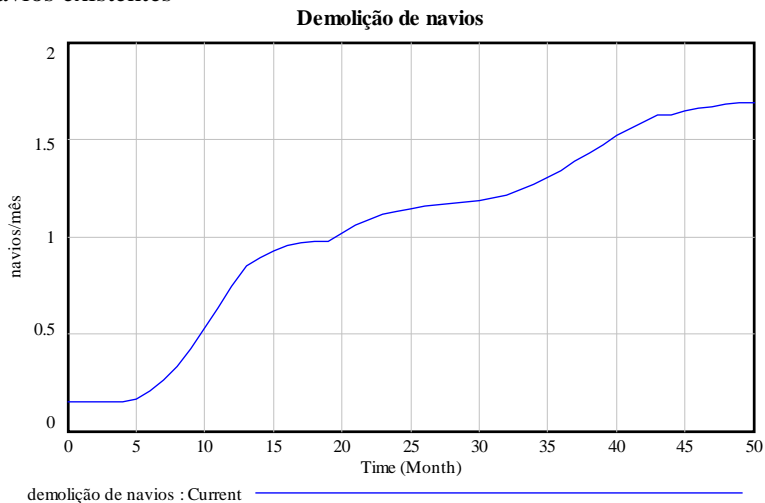
Na Figura 68 é ilustrado o comportamento mais estável que apresentou a variável *Nav* após receber duas alterações: a inserção do fluxo de entrada (*entnav*) e do fluxo de saída (*demnav*). Devido *demnav* variar em função do número de navios, seu comportamento ocorre proporcionalmente a este, conforme a Figura 69.

Figura 68 - Comportamento dos navios



Fonte: do autor.

Figura 69 - Taxa de demolição de navios em função do número de navios existentes

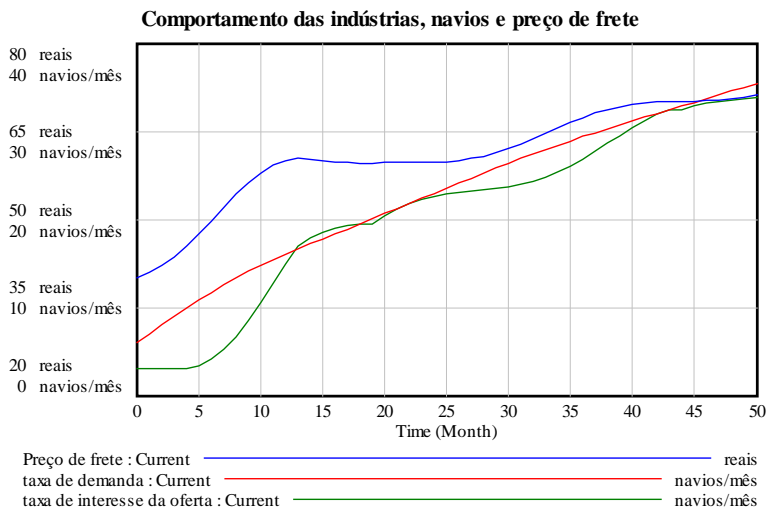


Fonte: do autor.

Por fim, encerra-se a análise do impacto da indústria naval sobre o sistema de transporte colaborativo marítimo ao se analisar o

comportamento das variáveis $tdem$, tof e $Pref$ (conforme Figura 70); lembrando que tof sofreu alterações em decorrência de alterações na variável Nav .

Figura 70 - Comportamento das indústrias e dos navios em função do preço de frete



Fonte: do autor.

Para esta simulação utilizaram-se como dados de entrada: $Ind(t_0) = 20$, $Nav(t_0) = 3$ e $Pref(t_0) = 40$ e tempo de análise igual a 50 meses, do mesmo modo como procedeu-se no gráfico da Figura 54. Para estas condições, com o preço de frete a um baixo valor, não é atrativo aos armadores ofertarem novos navios no mercado, portanto, mantendo-se constante conforme a oferta inicial de 3 unidades, até aproximadamente o tempo 5, quando então o preço de frete começa a elevar-se mais bruscamente em função da escassez da oferta, tornando favorável o ingresso de novos navios. Isso se mantém até que o preço de frete começa a reduzir (aproximadamente no tempo 13), onde a oferta é superior à demanda, devido à interferência da indústria marítima que efetua entrega de novos navios. Nesse período de redução do preço de frete faz com que praticamente cesse o ingresso de novos navios (aproximadamente no período 30).

Em relação à *tdem*, esta é fortemente influenciada pelo valor de *Pref* e por isso, inicialmente há maior *ingresso de novas indústrias*, contribuindo para o comportamento exponencial crescente, porém a uma taxa negativa. Como o objetivo da indústria marítima é reduzir a discrepância de frota, ao suprir o mercado com o número de navios que satisfaça a demanda, *Pref* pouco se oscila negativamente, o que faz com que a *razão de lucro* esperado pelas indústrias se eleve, reduzindo o número de indústrias ingressantes, porém sempre se mantendo positivo. Este comportamento se mantém por todo o período de análise, levando à conclusão de que sempre haverá ingresso de indústrias participantes na colaboração desde que seja alcançada a razão de lucro mínima esperada. Como a *tof* está sempre alcançando a *tdem*, não há uma falta significativa de navios no mercado que justifique $tdem > tof$ e uma redução brusca no preço de frete.

Durante o período de tempo 13 a 26, o preço de frete praticamente se manteve constante em função de *tdem* ser praticamente a mesma de *tof*. Neste intervalo de tempo *discrep* é praticamente nula e, portanto, a indústria marítima reduz a encomenda de novos navios. A partir do instante 27 *tdem* supera *tof*, o que acelera o crescimento de *Pref* novamente. Neste momento reiniciam-se as encomendas de navios para suprir a demanda, e quando estes são entregues, $tdem \approx tof$, novamente, repetindo-se o ciclo. Ao final, comparando alguns dados simulados antes e após a inserção do impacto da indústria marítima, na Tabela 17 tem-se o seguinte resultado:

Tabela 17 - Comparação de resultados

Sem impacto da indústria marítima	Com impacto da indústria marítima
$Ind \approx 116$	$Ind \approx 118$
$tdem = 34,82$	$tdem = 35,35$
$tof = 30,71$	$tof = 33,84$
$Pref = 45,67$	$Pref = 71,20$

Fonte: do autor.

Para as variáveis *Ind*, *tdem* e *tof* os valores obtidos foram praticamente os mesmos, variando-se muito pouco, porém uma variação significativa ocorreu na variável *Pref*.

Para uma mesma taxa de demanda e taxa de oferta, quando se considera o impacto da indústria marítima o preço final obtido resulta aproximadamente 26% superior ao preço obtido quando não se considera a construção de novos navios. Isto permite concluir que devido ao reduzido *gap* entre *tdem* e *tof*, em função da entrega de novos navios construídos, não há em momento algum uma queda brusca na variável *tof* e conseqüentemente, não há queda brusca no valor do preço de frete. Como *Pref* é modelada como sendo uma variável do tipo estoque, sempre está se acumulando e toda vez que cessa a entrega de navios, ‘estagna-se’ a taxa de oferta, o que leva a um incremento no valor do preço de frete. Portanto, o atraso no fornecimento de novos navios é responsável pela elevação do preço. Uma maneira de se reduzir o *delay* da entrega de navios pode ser através da realização de uma previsão acurada do crescimento da demanda, por parte dos armadores, acionando-se a construção de novos navios antecipadamente; porém este fato não foi contemplado neste estudo.

7.8 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS

Partindo da simplificação do problema em estudo conforme explanado no item 0, o modelo proposto (apesar de adotar relações empíricas), permitiu a realização de diversas simulações e a compreensão do funcionamento dinâmico do sistema de transporte colaborativo marítimo. Também foi possível compreender a importância isolada de cada variável além dos impactos gerados no sistema após a alteração dessas variáveis, o que se deu através de análises de sensibilidade.

7.8.1 Benefícios do transporte colaborativo marítimo

Após a realização do levantamento bibliográfico, pesquisa de campo junto a empresários, modelagem do problema e análise dos resultados numéricos do comportamento do sistema, identificou-se explicitamente e implicitamente benefícios oriundos do sistema de transporte colaborativo marítimo, conforme ilustrados na Figura 71. Os

benefícios identificados estão separados por níveis de atuação em: nível operacional, nível tático e nível estratégico.

No nível operacional os benefícios encontrados são:

- custos administrativos rateados: uma vez que as diversas indústrias atuantes estarão colaborando e negociando com um mesmo armador, apenas um responsável realiza a negociação do frete marítimo e assim os custos administrativo podem ser rateados;
- fretes marítimos reduzidos: a participação das indústrias no sistema colaborativo contribuirá para a redução do preço de frete a ser negociado com os armadores, em função do poder de barganha que as indústrias terão para buscar economias de escala;
- maior *free-time* de embarque: quanto maior a colaboração entre as indústrias, maior será o poder de negociação e exigência perante os armadores e dessa maneira, as contratantes de frete marítimo poderão exigir maior tempo livre para o embarque de suas mercadorias (podendo fechar um contrato de frete anual, por exemplo, e exigindo maior tempo para a efetivação do frete);
- aumento no prazo para pagamento do frete: tal como acontece no item anterior, o poder da colaboração pode ser revertido em exigências no momento da contratação do frete marítimo e sendo assim, as indústrias podem exigir dos armadores um maior prazo para a realização do pagamento do frete contratado;
- maior influência sobre os transportadores: além dos itens anteriores, outras influências gerais podem ser oriundas do poder da colaboração entre as indústrias, o que justifica a participação no sistema colaborativo e não a atuação isolada das indústrias.

No nível tático os benefícios identificados são:

- fluxos constantes de importação e exportação: a partir da colaboração mais indústrias demandam transporte marítimo para realizar suas exportações e muitas delas, além de outras externas à colaboração, podem requerer importar produtos, e isso faz com que haja um maior equilíbrio entre as cargas *inbound* e *outbound*;

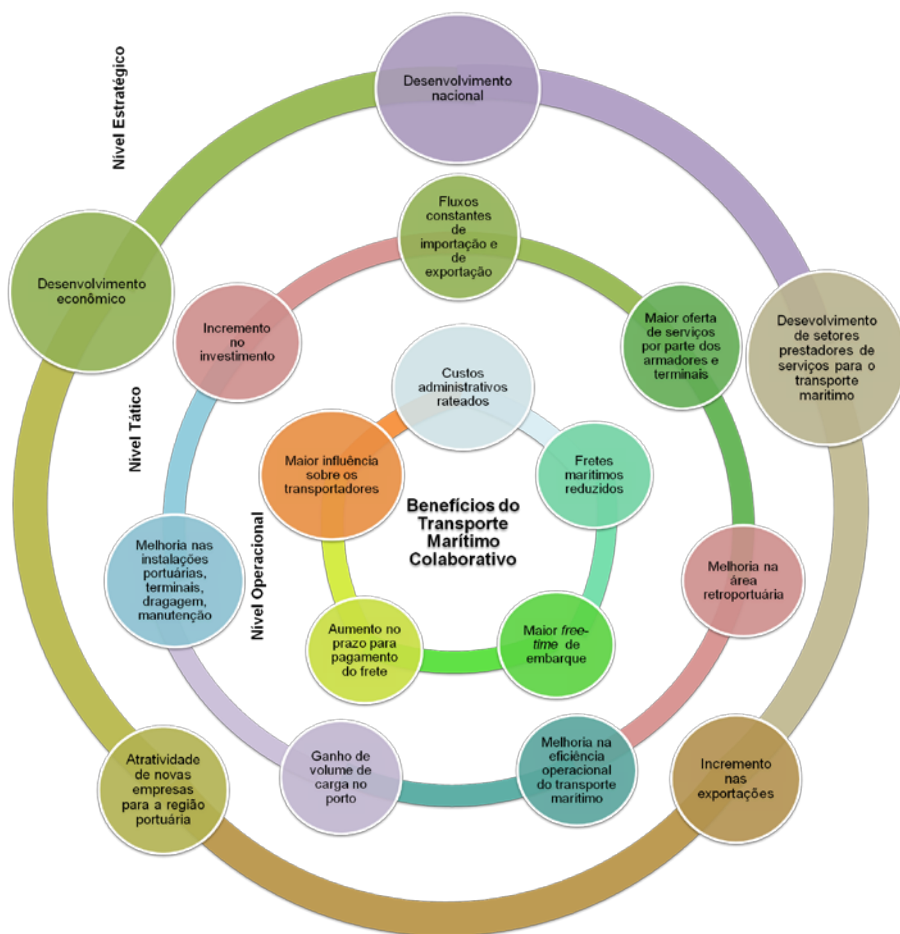
- maior oferta de serviços por parte dos armadores e terminais: uma vez que a demanda por transporte marítimo se torna mais estável, é de interesse dos armadores e terminais oferecerem diferentes e melhores serviços aos seus clientes, no intuito de elevar a receita além da fidelização dos mesmos;
- melhoria da área retroportuária: sendo a demanda por transporte marítimo estável, ou até mesmo crescente, haverá uma maior remuneração aos armadores e terminais, o que gera condição para efetuarem melhorias na área retroportuária, seja ampliando a capacidade, seja, melhorando o sistema já implantado, etc.;
- melhoria na eficiência operacional do transporte marítimo: a estabilidade do transporte marítimo proporcionada pela colaboração entre as indústrias afeta diretamente na eficiência operacional, uma vez que se define antecipadamente, através de contratos, o fluxo de mercadorias, valores de fretes, destinos, clientes, rotas;
- ganho de volume de carga no porto: o ganho de volume é consequência da melhoria na eficiência operacional, na área retroportuária e na oferta de serviços diferenciados;
- melhoria nas instalações portuárias, terminais, dragagem, manutenção: devido ao fluxo constante de mercadoria nos portos e terminais, oriundos da colaboração entre indústrias, arrecada-se mais e, conseqüentemente é possível reaplicar o valor recebido em benfeitorias;
- incremento no investimento: em decorrência da implementação dos benefícios anteriores, são atraídos novos clientes, o que melhora a taxa de utilização dos portos e terminais, que por sua vez, incrementa o investimento efetuado.

Por fim, os benefícios identificados no nível estratégico compreendem:

- desenvolvimento de setores prestadores de serviços para o transporte marítimo: a implantação de um terminal ou porto em dada região, requer que se desenvolva uma área de apoio às suas atividades e assim, novos prestadores de serviços (estaleiros, oficinas, dentre outros) são atraídos para o local, gerando empregos e renda;

- incremento nas exportações: considera-se que o aumento da eficiência operacional do transporte marítimo, bem como melhorias nas instalações e facilidades de negociação com armadores, despertam o interesse de novas indústrias exportadoras ingressarem no sistema colaborativo, o que por sua vez promove o incremento da exportação;
- atratividade de novas empresas para a região portuária: além de prestadores de serviços à atividade portuária e de transporte marítimo, outras empresas se instalam na região portuária a fim de dar suporte, tal como construtoras, transportadoras urbanas, rede hoteleira, restaurantes, postos de combustível, hospitais, escolas, supermercados, etc.;
- desenvolvimento econômico: a inserção de novas empresas e empreendimentos na região portuária acabam por proporcionar uma circulação maior de bens e produtos além de serviços, o que acarreta o desenvolvimento econômico regional;
- desenvolvimento nacional: este benefício é fruto dos demais benefícios possíveis de se obter com a implementação do transporte colaborativo marítimo; pois sabe-se que melhorando as atividades no nível operacional, consegue-se alcançar os objetivos do nível tático, que por sua vez leva à conquistas no nível estratégico. Ao se elevar o número de indústrias participantes do sistema colaborativo e atender às exigências por parte da demanda bem como por parte da oferta de transporte marítimo, gera-se um ciclo positivo que fortalece os demais envolvidos no sistema logístico, contribuindo para um desenvolvimento maior, a longo prazo, da nação.

Figura 71 - Benefícios da implantação do transporte colaborativo marítimo



Fonte: do autor.

7.8.2 Recomendações à indústria manufatureira exportadora

Diante do trabalho realizado é possível elencar algumas recomendações úteis para os tomadores de decisões atuantes na cadeia de exportação marítima.

- identificar todos os possíveis agentes a serem envolvidos na cadeia de exportação marítima;
- buscar informações detalhadas à respeito dos demais agentes envolvidos na colaboração (tempo de atuação no mercado, políticas de trabalho, etc.);
- exaurir as informações à respeito das regras do sistema de transporte colaborativo marítimo a ser adotado;
- verificar se há outras etapas da cadeia onde é possível haver colaboração (seguindo a idéia do CPFRR);
- alinhar as estratégias de operação;
- elaborar cartilha de planejamento financeiro a fim de avaliar a viabilidade de participação no sistema colaborativo;
- definir os benefícios a serem adquiridos por cada participante;
- implementar rotinas formais e informais de interação;
- buscar o comprometimento dos diferentes níveis hierárquicos e áreas das empresas;
- efetivar a colaboração cuidadosamente e monitorá-la freqüentemente através de relatórios e indicadores (de redução de custos, de ganhos de eficiência, de confiabilidade, etc.);
- elaborar um indicador de colaboração;
- manter histórico do relacionamento;
- proporcionar a divulgação de casos de sucesso em trabalhos colaborativos no intuito de adquirir novos participantes.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A verdade é que nenhuma empresa hoje pode agir sozinha. O sucesso provém das “redes econômicas”. Estas, surgem em qualquer situação em que o bem-estar de uma empresa dependa do sucesso de outras (Davis & Meyer, 1999). Não existe futuro para os sistemas hermeticamente fechados na economia das redes. Quanto mais dimensões acessíveis à contribuição e criação do associado, mais os lucros crescentes poderão animar a rede e mais o sistema se alimentará dela mesma e prosperará (Kelly, 1995).

8.1 INTRODUÇÃO

É importante retomar o objetivo desta tese bem como o método empregado, antes de apresentar as conclusões obtidas. Esta tese teve como objetivo apresentar um modelo que analise os efeitos sistêmicos da política de colaboração entre indústrias manufatureiras que utilizam o transporte marítimo para a exportação, levando em consideração os principais parâmetros estratégicos e operacionais envolvidos nessa operação. Este objetivo visou gerar elementos que contribuam para a compreensão deste problema bem como a implementação da prática de colaboração nos sistemas reais de transporte marítimo. Finalmente, o método empregado foi o *System Dynamics*.

Este capítulo está dividido em seis itens, incluindo este introdutório. No segundo item é feita a discussão sobre as etapas realizadas para o desenvolvimento desta tese. No terceiro item são apresentadas considerações gerais bem como comentários sobre o modelo proposto. No quarto e quinto itens são apresentadas considerações sobre o método empregado para a modelagem do problema de estudo e sobre algumas observações gerais do estudo, respectivamente. Por fim, no sexto item são expostas algumas recomendações para estudos futuros.

8.2 ETAPAS DA PESQUISA

A presente tese foi realizada através de duas frentes de pesquisa: uma teórica e outra computacional. Em relação à frente teórica,

buscaram-se na literatura nacional e internacional trabalhos relacionados com o objeto de estudo, relatando de modo conciso a evolução da logística até chegar ao conceito mais recente de logística colaborativa. Posteriormente foi apresentada a abordagem da gestão do transporte colaborativo, prática ainda pouco explorada no Brasil, tanto na academia como nas práticas empresariais, fato que reforça a importância deste trabalho como ferramenta de divulgação e propagação do assunto. Na seqüência, foi apresentado um panorama do setor manufatureiro brasileiro exportador e alguns trabalhos já realizados relacionados ao transporte colaborativo, porém em sua maioria, com foco nas atividades operacionais e não nas atividades estratégicas, como propôs esta tese. No intuito de melhor compreender o problema em estudo, foram realizadas entrevistas junto a especialistas e empresários atuantes no ramo, cujas informações foram utilizadas para embasar o modelo proposto.

Em relação à frente computacional, estudou-se o conceito de Simulação bem como sua aplicabilidade aos diversos tipos de problemas existentes, com o intuito de escolher um método de modelagem para o problema em análise. A fim de adotar um método de Simulação mais adequado ao problema de estudo desta tese, foram analisados e estudados os seguintes métodos: ABMS e SD. Após a exploração de ambos, considerando as principais características e usabilidade, foi inicializado o processo de modelagem do problema em estudo a fim de melhor compreender as ferramentas (*softwares* Anylogic® e Vensim®), o que resultou em publicações de artigos em conferências e periódicos nacionais e internacionais. Após a comparação entre os métodos optou-se para a continuidade da modelagem, o uso do método *System Dynamics*.

Apesar dos resultados deste trabalho não possuírem validade estatística para serem generalizados, o método utilizado permitiu a análise dos efeitos sistêmicos da política de colaboração entre indústrias manufatureiras e também o entendimento da importância de adotar uma abordagem interdisciplinar para lidar com os problemas do transporte marítimo.

8.3 O MODELO PROPOSTO

É importante relatar que o modelo de simulação proposto apresentou algumas limitações. Grande parte dos valores atribuídos foi

estimada e precisa ser revisada a fim de manter a validade do modelo. Diferentes tipos de produtos foram agregados em um único tipo, o produto manufaturado, o qual foi utilizado no modelo proposto enquanto poderia haver uma separação destes, de modo a permitir uma melhor visão das potenciais alternativas disponíveis para a realização do transporte colaborativo marítimo. Porém, por outro lado, a opção por agregá-los facilitou a construção do modelo de simulação.

De acordo com o trabalho conduzido, a funcionalidade do sistema transporte colaborativo marítimo é afetada pela formação de colaboração e troca de informação entre as partes envolvidas no sistema. Se a troca de informação é interrompida por alguma razão, a eficiência geral do sistema é reduzida. Em relação à técnica de modelagem escolhida para este trabalho, a simulação, pode-se afirmar que uma de suas vantagens é permitir uma ampla perspectiva do sistema ao invés de concentrar-se na funcionalidade de apenas uma parte deste.

Quanto aos resultados obtidos com a simulação pode-se assumir que foram satisfatórios, pois permitiram gerar conclusões sobre o comportamento do sistema de transporte colaborativo marítimo. As conclusões obtidas são as seguintes:

- À medida que o valor do preço de frete se eleva, eleva-se o número de ingresso de novas indústrias no mercado, uma vez que os armadores desejam maximizar suas receitas, oriundas do afretamento de navios e, portanto, poucos navios abandonam o sistema e quando a razão entre a taxa de interesse de oferta e a taxa de demanda for maior ou igual a 1, a desistência de navios passa a ser maior.
- O excesso de oferta de navios no mercado faz com que o preço de frete seja reduzido, uma vez que as indústrias em colaboração têm maior poder na negociação do valor do mesmo. O preço de frete, portanto reduz-se até o ponto em que começam a faltar navios no mercado, quando a razão entre a taxa de interesse de oferta e a taxa de demanda for menor que 1, e então os armadores começam a aumentar novamente o valor do preço de frete, repetindo-se o ciclo ao longo do tempo, até que se alcance o ponto de equilíbrio.
- A capacidade do *hinterland* precisa ser adequada à demanda existente e sempre é preciso uma análise de viabilidade de investimento, no intuito de se determinar o

melhor retorno financeiro (melhor VPL); levando-se em conta o instante (t) a ser investido, bem como, as quantidades de ampliações a serem realizadas de modo a obter ganhos com economia de escala.

- No decorrer de um estudo sobre transporte é preciso atentar para a possibilidade de surgimento de outras variáveis exógenas, que na grande maioria das vezes desregulam o sistema. No caso analisado a variável de incentivo à exportação, contribui para o ingresso de novas indústrias, elevando bruscamente a taxa de demanda. Isso faz com que o *gap* entre a taxa de demanda e a taxa de interesse de oferta se eleve, acarretando acréscimos no preço de frete. Além disso, um incentivo à exportação ocasiona congestionamento na área do *hinterland*, necessitando de nova ampliação da capacidade, que não havia sido considerada no plano original.
- A indústria marítima busca reduzir a discrepância de frota ao suprir a demanda existente por navios. Realizam-se encomendas de construção de navios e à medida que o tempo avança, inicia-se a entrega dos mesmos. Como o tempo de construção de um navio é de 16,7 meses, há um atraso entre o instante da encomenda e o instante da entrega. Os navios entregues fazem parte do estoque de navios disponíveis e interferem diretamente na taxa de interesse de oferta de navios. Quando a taxa de interesse de oferta é superior à taxa de demanda, o preço de frete reduz-se e praticamente cessa a taxa de ingresso de novos navios. A redução do preço de frete é condição ideal para que novas indústrias ingressem na colaboração, elevando a taxa de demanda acima da taxa de interesse de oferta. Tal condição atua na elevação do preço de frete e no ingresso de novos navios, além de acionar a indústria marítima novamente, repetindo-se o ciclo.

8.4 O MÉTODO ADOTADO

Como o método SD ainda possui poucos exemplos de aplicação no Brasil, acredita-se que seja interessante discorrer sobre as conclusões observadas sobre a utilização do método. Em relação ao SD, conclui-se que este permite uma análise estratégica do sistema, inclusive de suas fraquezas. Entretanto, o SD também apresenta algumas limitações como

a necessidade de diversos ciclos de *feedback* mesmo para o estudo de fluxos básicos entre os nós. Outra limitação é que as funções usadas para estimar os valores das variáveis tendem a ser longas devido muitos parâmetros afetarem uma dada decisão. Uma maneira de aumentar a eficiência do modelo é utilizar outros métodos de simulação como o ABMS e a simulação de Eventos Discretos. Isto pode permitir a construção de modelos mais flexíveis, os quais podem ser utilizados para analisar diversos casos, ao invés de ter um modelo para cada caso. A seguir são apresentados os benefícios e malefícios percebidos durante a utilização do método:

- considera dinamicamente o comportamento das diferentes variáveis ao longo do tempo;
- permite incluir no modelo a visão de diferentes áreas e principais agentes envolvidos;
- considera dados quantitativos e qualitativos para a construção do modelo;
- o uso dos diagramas causais e de estoque-fluxo auxiliam tanto na etapa de conceituação do modelo quanto no processo de validação;
- há disponibilidade de *softwares* comerciais;
- aplicativos próprios dos *softwares* existentes facilitam a construção e validação do modelo;
- o método exige uma ampla quantidade de informações;
- a qualidade dos dados e das informações é fundamental para uma maior aceitação dos trabalhos desenvolvidos usando o SD;
- entre o início do processo de modelagem e a geração dos primeiros resultados há um *delay* considerável até que os tomadores de decisão os utilizem;
- é necessário um grande tempo e esforço para se adquirir a compreensão dos conceitos, ferramentas e técnicas mínimas do método.

8.5 OBSERVAÇÕES GERAIS

Em relação à cadeia de exportação marítima, os principais agentes envolvidos no sistema são: indústrias (como clientes), transportadores, armadores, autoridades portuárias, governo federal, ambientalistas, prestadores de serviços, e eventualmente a comunidade local. Os armadores e transportadores buscam, a um custo efetivo, mover mercadorias até seus destinos finais. Os governantes estão

preocupados com uma variedade de assuntos incluindo o desenvolvimento econômico, regulamentação, competitividade internacional e a interação entre esses alvos conflitantes. As políticas de transporte marítimo têm impacto direto na rentabilidade dos armadores e transportadores, além de provedores de serviços.

A interação entre os interesses desses agentes deve ser ajustada e alinhada toda vez que possível, para se obter uma estratégia efetiva de transporte colaborativo marítimo e segurança enquanto se busca maximizar o desenvolvimento econômico e a produtividade. Portanto, é necessário determinar primeiramente quais critérios cada agente utiliza para julgar o impacto das mudanças propostas pela atuação em colaboração, como por exemplo: os governantes buscam a minimização dos custos da sociedade, os ambientalistas buscam minimizar os impactos adversos ao meio ambiente. Concomitantemente é necessário determinar o conjunto de vantagens a ser oferecido aos participantes da cadeia colaborativa: para que aceitem condições de operações devem obter ganhos inesperados no caso de agirem isoladamente, pois há prelúdios de que apesar das empresas se interessarem em ingressar em colaborações, o foco maior dessas é apenas na premiação prevista. A partir daí é possível definir um plano de ação que atenda às expectativas dos participantes.

De maneira geral, baseando-se em levantamento bibliográfico, registros de casos de sucesso de colaboração, bem como entrevistas com consultores e empresários brasileiros da indústria manufatureira e outros segmentos, foram identificados e analisados os principais parâmetros estratégicos e operacionais que atuam na logística marítima de produtos manufaturados. Feito isso, identificou-se que teoricamente muito se tem falado à respeito de processos colaborativos entre empresas, seja na divisão de recursos em comuns, na busca de processos produtivos baseados na sustentabilidade do sistema ou na realização do planejamento estratégico e operacional em conjunto; mas na prática empresarial há ainda uma lacuna a ser vencida: acreditar e efetivar a colaboração entre os demais participantes da cadeia exportadora de manufaturados.

Um fato importante a ser comentado é o caso da maioria dos fracassos em formações de colaborações serem resultantes da falta de compreensão do modo de “pensar, negociar e agir” intra e interagentes. Contra esse tipo de situação, faz-se necessário definir internamente os

processos, objetivos e funções de cada setor de uma empresa, como por exemplo, definir as atribuições do setor de vendas, as metas do setor de *marketing*, etc., para então todos os setores definirem o objetivo comum de suas atividades e, em consonância, buscarem parcerias com outros agentes da cadeia exportadora, a fim de obter soluções colaborativas eficientes.

Portanto, conclui-se que é possível haver colaboração entre os agentes da cadeia exportadora de manufatura, porém não de ser quebrados alguns paradigmas tradicionalistas acompanhados de uma forte mudança cultural na forma de se negociar, buscando-se inicialmente ter uma visão global do negócio para então o processo de colaboração ser iniciado do alto da hierarquia para baixo, envolvendo todos os participantes da cadeia nessa nova responsabilidade.

Num passado não muito distante, há aproximadamente 10 anos, a economia mundial “taxava” o termo *competitividade*. Devido às diversas circunstâncias, atualmente tem havido uma forte migração para o termo *colaboração*, onde muitas pessoas têm colaborado entre si, porém faltando uma integração maior entre os processos, as indústrias e os subsistemas. Uma vez que se concretize essa mudança no mecanismo de negociação é esperado que haja uma alteração nas transações: de valor econômico a valor cívico. Se efetivada tal alteração, é esperado que todo o sistema ganhe. Ganhe com benefícios monetários, com melhorias nos níveis de serviços, com o controle e renovação de recursos naturais e com a otimização de processos produtivos de modo a garantir uma sociedade sustentável.

8.6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Uma variedade de assuntos relacionados ao tema desta tese não foram abordados no decorrer do trabalho existindo, portanto, diversas oportunidades para a continuidade do mesmo:

- expandir o modelo proposto ao incluir os demais agentes participantes na cadeia de exportação marítima, conforme apresentado na Figura 10, bem como aprimorar o detalhamento do comportamento dos mesmos;
- repetir o estudo após obter maior disponibilidade de dados quantitativos reais e calibração dos mesmos;
- efetuar o estudo em outros segmentos de indústrias no Brasil a fim de compará-los;

- propor um indicador de colaboração;
- aperfeiçoar o estudo sobre SD de modo a gerar melhores análises dos modelos de formação de colaboração;
- modelar o problema utilizando-se de outros métodos, a fim de obter vantagens sob o método SD;
- inserir o comportamento da logística de importação a fim de avaliar o impacto no sistema, mais principalmente sobre a formação do preço de frete marítimo.
- modelar o comportamento da formação de colaboração entre os armadores marítimos e verificar se há alteração no comportamento do sistema.

Ao inserir no modelo o comportamento dos demais agentes envolvidos na cadeia de exportação marítima espera-se uma análise mais detalhada sobre essa atividade, de modo a obter conclusões mais realistas. Tais conclusões podem auxiliar os tomadores de decisões em relação à formação da colaboração seja esta apenas entre agentes de uma mesma classe ou entre agentes de classes diferentes (por exemplo: entre indústria-indústria ou entre indústria-operador logístico). Com isso espera-se que seja indicada a formação de redes colaborativas.

Uma vez que sejam utilizados dados quantitativos reais pode-se ampliar a veracidade do modelo proposto. A aplicação do modelo proposto, em outros segmentos de indústrias brasileiras tem como objetivo observar se há padrões de atuação semelhantes nos diferentes segmentos, bem como compreender a influência dos aspectos exógenos. Isto pode resultar na indicação de formação de colaboração nos demais segmentos.

Como pôde ser visto, a implementação de relacionamentos colaborativos envolve diversos agentes que tomam decisões e reagem a decisões dos outros agentes. Diversas das variáveis importantes para a colaboração são subjetivas e tais constatações caracterizam a busca por relacionamentos colaborativos como um problema de complexidade dinâmica, por isso propondo o uso do SD como método de modelagem adequado. Uma vez aperfeiçoado o estudo sobre o SD, é possível modelar relacionamentos colaborativos que contribuam para a construção de uma teoria na área de transporte colaborativo. Outra vantagem de sua utilização é em ajudar o processo de conscientização dos tomadores de decisão sobre os benefícios e dificuldades da colaboração.

Dois questionamentos de extrema importância, porém que ainda não apresentam respostas únicas e verdadeiras, mas que servem como recomendações de trabalhos futuros são:

1. Existe um limite para a colaboração?
2. Porque sistemas reais convergem para o equilíbrio mesmo sem apresentarem um comportamento racional?

Com a implementação das recomendações apresentadas neste item espera-se obter uma maior compreensão sobre a colaboração efetiva entre as empresas, gerando economias de escala repassadas aos colaboradores no intuito de melhorar a eficiência da logística e o resultado econômico das empresas, como de fato propõe a abordagem de transporte colaborativo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amoyaw, B. K. B. (1999) The hinterland concept and port development in Ghana. Master dissertation of the Faculty of Graduate Studies of the University of Manitoba, Manitoba.
2. Antunes, J. A. V. (1995) A lógica das perdas nos sistemas de produção: uma análise crítica. Anais do XIX ENANPAD, João pessoa [s.n.], 1 CD-ROM, p. 357-371.
3. Armbruster, D; Marthaler, D; Ringhofer, C. (2004) Kinetic and fluid model hierarchies for supply chains. *SIAM J. on Multiscale Modeling and Simulation* 2: 43-61.
4. Armbruster, D; Marthaler, D; Ringhofer, C; Kempf, K; Jo, T. C (2006) A continuum model for a re-entrant factory. *Operations Research*, v. 54, n. 5.
5. Axelrod, R. (1997) The complexity of cooperation: Agent-based models of competition and collaboration. Princeton University Press: Princeton, NJ.
6. Axelrod, R. (2006) Agent-based modeling as a bridge between disciplines. In: Tesfatsion, L.; Judd, K. L. (Ed.). *Handbook of Computational Economics: Agent-Based Computational Economics*, cap.33. p. 1565-1584. North-Holland: New York.
7. Axelrod, R.; Tesfatsion, L. (2006) Guide for Newcomers to Agent-Based Modeling in the Social Sciences. In: Tesfatsion, L.; Judd, K. L. (Ed.). *Handbook of Computational Economics: Agent-Based Computational Economics*, p. 1647-1659. North-Holland: New York.
8. Bandini, S.; Manzoni, S.; Vizzari, G. (2009) Agent Based Modeling and Simulation: An Informatics Perspective. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* [S.I.], v. 12, n. 4, p. 4.
9. Ballou, Ronald H. (1993) *Logística Empresarial*. Transportes, Administração de Material e Distribuição Física. Tradução por Hugo T.Y. Yoshizaki, 2ª ed. Atlas: São Paulo.
10. Bartholdi, J. J; Eisenstein, D. D (1996) A production line that balances itself. *Operations Research* 44 (1): 21-34.

11. Bashyam, T (1996) Competitive capacity expansion under demand uncertainty. *European Journal of Operational Research*, n. 95, p. 89-114
12. Benavente, José Miguel (2002) *¿Cuán dinámicas son las exportaciones intrarregionales latinoamericanas?* CEPAL, División de Desarrollo Económico, Serie Macroeconomía del Desarrollo, n. 12, Santiago de Chile, enero.
13. Bertalanffy, L. V. (1975) Teoria geral de sistemas. Vozes: Petrópolis.
14. Bertrand, J.W.M. and Fransoo, J.C. (2002) Modelling and Simulation: Operations management research methodologies using quantitative modeling. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 02, p. 241-264.
15. Bezerra, Francisco Antonio; Grande, Jefferson Fernando; Da Silva, Adriano José (2009) Análise e caracterização de modelos de custos que utilizam o valor de Shapley para alocação de custos entre departamentos. *Gestão & Produção*, v. 16, n. 1. São Carlos, Jan/Mar.
16. Bierwirth, C; Schneider, S; Kopfer, H. (2002) Elektronische Transportmärkte: Aufgaben, Entwicklungsstand und Gestaltungsoptionen. *Wirtschaftsinformatik*, 4:335-344.
17. Bitencourt Jr, Benedito Rodrigues, Bertol, Douglas Wildgrube, Costa, Robson (2006) Agentes inteligentes na logística. Trabalho apresentado na disciplina DAS6607 – Inteligência artificial aplicada à controle e automação, oferecida no curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Santa Catarina e, ministrada pelos professores Guilherme Bittencourt e Ricardo José Rabelo.
18. Bloos, Melanie; Kopfer, Herbert (2009) On the formation of operational transport collaboration systems. *Annals of the II LogDynamics International Conference (LDIC)*: 329-338. Bremen, Alemanha, 17-21 de agosto.
19. Bodin, L. and Levy, L. (1994) Visualization in Vehicle Routing and Scheduling problems. *Journal on Computing*, Philadelphia, v. 6, n.3, p.261-269.

20. Bonabeau, E. (2002) Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems. *Proc Natl Acad Sci U S A* [S.I.], v. 99 Suppl 3, p. 7280-7, May 14.
21. Borshchev, A.; Filippov, A. (2004) From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools. Paper presented at the 22nd International Conference of the System Dynamics Society, Oxford.
22. Bowersox, Donald J. (1990) The strategic benefits of logistics alliances, *Harvard Business Review*.
23. Brown, G., Campbell, D. (1948) Principles of servomechanisms. John Wiley & Sons: New York.
24. Caldeirinha, Vítor (2007) Textos sobre gestão portuária, 1999/2006. Cargo: Lisboa. ISBN 978-972-98324-2-0.
25. Camazine, S; Deneubourg, J. L; Franks, N. R; Sneyd, J; Theralauz, G; Bonabeau, E. (2001) Self-organization in biological systems, Princeton: Princeton University Press.
26. Carnieri, Celso; Simiema, Hélio Hipólito; Mazzarotto, Marco André (1983) Programa Integrado de Transporte de Soja. Anais do XVI Congresso da SBPO, Florianópolis.
27. Casarotto Filho, Nelson C.; Kopittke, Bruno H. (2010) Análise de investimentos. 11 ed. Atlas: São Paulo.
28. Casti, J. (1998) Would-Be worlds: how simulation is changing the world of science. Wiley: New York.
29. Ceciliano, W. (2007) Aplicação de um método de simulação-otimização na cadeia produtiva de minérios de ferro. Dissertação de mestrado do Programa de Pós Graduação de Engenharia de Sistemas Logística da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
30. Churchman, C. (1973) Reliability of models in the social sciences. *Interfaces*, Hannover, v. 4, n.1, p.1-12.
31. Chwif, Leonardo e Medina, Afonso C. (2006) Modelagem e Simulação de Eventos Discretos. Ed. dos Autores: São Paulo.
32. CIA – Agência de Inteligência dos EUA.
Disponível em: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/index.html>, acesso em 30 de agosto de 2011.

33. Couto, J. P.; Teixeira, J. C. (2005) Using linear model for learning curve effect on highrise floor construction. *Construction Management and Economics*, v. 23, p. 355-364.
34. Dar-El, E. (2000) *Human Learning: from Learning Curves to Learning Organizations*. Springer: New York.
35. Davis, Stanley, M.; Meyer, Christopher (1999) *Blur: a velocidade da mudança na economia integrada*. Campus: Rio de Janeiro.
36. Drucker, Peter (1954) *The Practice of management*. Harper & Row, Inc.: New York, NY, p.225.
37. Dudek, Gregor; Stadtler, Hartmut (2005), Negotiation-based collaborative planning between supply chains partners. *European Journal of Operational Research*, 163. pp. 668-687.
38. Esper, Terry; Williams L; Lisa R. (2003) The value of Collaborative Transportation Management (CTM): its relationship to CPFR and Information Technology. *Transportation Journal*, v. 42, n. 4.
39. FIATA - Fédération Internationale des Associations de Transitaires et Assimilés.
Disponível em:
http://www.fiata.com/uploads/media/CL0406_04.pdf, acesso em 21 de janeiro de 2009.
40. Forrester, Jay W. (1958) Industrial dynamics: a major breakthrough for decision makers. *Harvard Business Review*, Boston, v. 38, July-Aug., p. 37-66.
41. Forrester, Jay W. (1961) *Industrial dynamics*. Pegasus Publications: Waltham.
42. Forrester, Jay W. (1969) *Urban dynamics*. Pegasus Communications: Waltham, MA.
43. Gaither, Norman (2001) *Administração da produção e operações*. 8ª ed. Pioneira Thomson Learning: São Paulo.
44. *Gazeta Mercantil*. Armadores compartilham navios para reduzir custos.
Disponível em:
<http://www.comexnet.com.br/noticom.asp?paNumero=1552>,
acesso em 21 de agosto de 2001.

45. Giesen, Ricardo; Muñoz, Juan Carlos; Silva, Mariela; Leva, Mabel (2007) Método de solución al problema de ruteo e inventarios de múltiples productos para una flota heterogénea de naves. *Actas del Congreso Chileno de Ingeniería de Transportes*.
46. Gilbert, N. (2008) *Agent-based models. Quantitative applications in the social sciences*, 153. Los Angeles: Sage Publications.
47. Gomber, P; Schmidt, C; Winhardt, C. (1997) Elektronische Märkte für die dezentrale Transportplanung. *Wirtschaftsinformatik*, 39 (2):137-145.
48. Grünig, R; Kühn, R. (2005) *Entscheidungsverfahren für komplexe Probleme. Ein heuristischer Ansatz*. 2nd edition Springer: Berlin, Heidelberg, New York.
49. Hale, B. (1999) Logistics Perspectives for the New Millennium. *Journal of Business Logistics*, Lombard, v.20, n.1, p.5-8.
50. Hamburg Sud. Disponível em: <http://www.hamburgsud.com/>, acesso em 26 de janeiro de 2010.
51. Harrel, Charles R., Mott, Jack R. A., Bateman, Robert E., Bowden, Royce G., Gogg, Thomas J. (2002) *Simulação: Otimizando Sistemas*. Imam: São Paulo.
52. Harrison, J. Richard; Lin, Zhiang; Carroll, Glenn R.; Carley, Kathleen M. (2007) Simulation modeling in organizational and management research. *Academy of Management Review*, v. 32, n.4, p. 1229-1245.
53. Henrich, V. R. (1998) *Correlação entre a indústria de freight forwarder no Brasil e no mundo. Trabalho de conclusão do curso*. Unisinos, São Leopoldo.
54. Hesse, R. (1997) *Managerial spreadsheet modeling and analysis*. Irwin: Chicago.
55. Hölscher, Karsten; Klempien-Hinrichs, Renate; Knirsch, Peter; Kreowski, Hans-Jorg; Kuske, Sabine (2007) Autonomous units: basic concepts and semantic foundation, In: Hülsmann, M.; Windt, Katja (ed.) *Understanding autonomous cooperation and control in logistics* Springer: Germany.

56. Jennings, M. R.; Sycara, K.; Wooldridge, M. J. (1998) Roadmap of agent research and Development. *Autonomous agents and multi-agent systems [S.I.]*, v. 1, n. 1, p. 7-38.
57. Keedi, Samir (2007) *Logística de transporte internacional*. 3^a ed. Aduaneiras: São Paulo.
58. Keeney, R. (1992) *Value focused thinking: a path to creative decision making*. Paperback. Harvard University Press, Cambridge.
59. Kevin, Kelly (1995) *Out of control: the new biology of machines, social systems and the economic world*. Addison-Wesley: Massachussetts.
60. Kim, J. H; Duffie, N. A. (2004) Backlog control for a closed loop PPC system. *Annals of the CIRP* 53: 257-360.
61. Kopfer, H; Pankratz G. (1999) *Das groupage-problem kooperender Verkehrsträger*. *Oper. Res. Proc.*, 1998: 453-462. Springer: Berlin Heidelberg New York.
62. Krajewska, Marta Anna; Kopfer, Herbert (2006) Collaborating freight forwarding enterprises – request allocation and profit sharing. *OR Spectrum* 28:301-317.
63. Kreowski, Hans-Jörg; Kuske, Sabine (2007) *Autonomous units and their semantic – the parallel case*, In: *Lecture Notes in Computer Science*. Springer: Berlin.
64. Lima, Maurício Pimenta (2006) *Custos logísticos na economia brasileira*. Centro de Estudos Logísticos do COPPEAD. UERJ: Rio de Janeiro.
65. Little, J. D. C. (1970) Models and managers: the concept of a decision calculus. *Management Science*, v.16, n.8, p.446-485.
66. Long, Douglas (2003) *International logistics: global supply chain management*. Kluwer Academic Publishers: USA.
67. Loureiro, Sérgio A. (2009) *Uso integrado de métodos de simulação de eventos discretos e contínuos na resolução de problemas logísticos em parques de diversão*. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Estadual de Campinas.

68. Loureiro, Sérgio A.; Lima Júnior, Orlando F. (2010) Integrated methods of modeling and simulation applied to operations problems: analysis and applications. Paper presented at the XVI International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (ICIEOM), São Carlos, Brasil.
69. Lourenço, Cleiton Carlos (2009) Um modelo de decisão para unitização da carga na unidade produtora ou transferência para um armazém frigorífico. Dissertação de mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
70. Macal, C. M. and North, M. J. (2006) Tutorial on agent-based modeling and simulation part 2: how to model with agents. In: Winter Simulation Conference, Monterey. Winter Simulation Conference, p.73-83.
71. Mankiw, N. Gregory (2011) Introdução à economia. 2ª ed. Cengage Learning: São Paulo.
72. Manne, A. S. (1961) Capacity expansion and probabilistic growth. *Econometrica*, v. 29, p. 632-649.
73. Manne, A. S. (1967) Investment for capacity expansion: size, location and timephasing. Allen and Unwin: London.
74. Martel, Alain; Vieira, Darli Rodrigues (2008) Análise e Projeto de Redes Logísticas. Saraiva: São Paulo.
75. Mayo, D. D., Wichmann, K. E. (2003) Tutorial on Business and Market Modeling to Aid Strategic Decision Making: System Dynamics in Perspective and Selecting Appropriate Analysis Approaches. Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference.
76. MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio. SECEX – Secretaria de Comércio Exterior. Disponível em:
<http://www2.desenvolvimento.gov.br/sitio/secex/secex/competencia.php>, acesso em 20 de janeiro de 2009.
77. Mentzer, J. T., Foggin, J. and Golicic, S. (2000) “Collaboration: The Enablers, Impediments and Benefits.” *Supply Chain Management Review*, September-October, p. 52-58.

78. Mentzer, J. *et al.* (2001) Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, Lombard, v. 22, n. 2, p. 1-25.
79. Mitroff, I., Betz, F., Pondy, L., and Sagasti, F. (1974) On managing science in the systems age: two schemas for the study of science as a whole systems phenomenon. *Interfaces*, Vol. 4, No. 3, p.46-58.
80. Montgomery, Michael (1995) Time-to-Build completion patterns for nonresidential structures, 1961-1991. *Economics Letters*, v. 48, n. 2, p. 155-163.
81. Moore, J. H. E Weatherford, L. R. (2005). Tomada de decisão em administração com planilhas eletrônicas. 6^a ed. Bookman: Porto Alegre.
82. Morash, E., Clinton, S. (1998) “Supply Chain Integration: Customer Value through Collaborative Closeness versus Operational Excellence”. *Journal of Marketing Theory and Practice*, Fall, v. 6, pp. 104-120.
83. Moreira, Benedicto Fonseca (2009) O que fazer para expandir a exportação de produtos manufaturados. Fórum Especial – Na crise – esperança e oportunidade, desenvolvimento como “sonho brasileiro”, oportunidade para as favelas, estudo n. 323, 17 e 18 de setembro. INAE – Instituto Nacional de Altos Estudos.
84. Mouritsen, J.; Skott-Larsen, T.; Kotzab, H. (2003) Exploring the contours of supply chain management. *Integrated Manufacturing Systems*, Bingley, v. 14, n.8, p. 686-695.
85. North, Michael J.; Macal, Charles M. (2007) Managing business complexity: discovering strategic solutions with agent-based modeling and simulation. Oxford University Press: New York.
86. Novaes, Antônio Galvão N. (2007) Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição. 3^a ed. Campus: Rio de Janeiro.
87. Novaes, Antonio G. N; Frazzon, Enzo M; Burin, Paulo J. (2009) Dynamic vehicle routing in over congested urban areas. *Annals of the II LogDynamics International Conference (LDIC)*: 103-112. Bremen, Alemanha, 17-21 de agosto.
88. Novaes, Antonio G. N.; Scholz-Reiter, Bernd; Silva, Vanina Macowski Durski; Rosa, Hobed (2012) Long-term planning of a

- container terminal under demand uncertainty and economies of scale. *Pesquisa Operacional*. No prelo.
89. OECD (1994) Globalisation and Competitiveness: relevant indicators, Paris, OECD Directorate for Science, Technology and Industry, DSTU/EAS/IND/WP9(94)19.
 90. OMC – Organização do Comércio.
Disponível em:
<http://stat.wto.org/Home/WSDBHome.aspx?Language=E>, acesso em 20 de janeiro de 2009.
 91. Pacheco Jr, Waldemar; Pereira, Vera Lúcia Duarte do Valle; Pereira Filho, Hyppólito do Valle (2009) Guia de Orientação para o Documento de Qualificação. Disciplina: metodologia e aplicação de pesquisa científica (II). Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção – PPGE, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.
 92. Parunak, H. (1997) Go to the ant: engineering principles from natural multi agent systems. *Annals of Operational research* 75: 69-101.
 93. Pavitt, K. (1984) Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13, 343-373.
 94. Prabhu, V. V; Duffie, N. A. (1995) Modelling and analysis of nonlinear dynamics in autonomous heterarchical manufacturing system control. *Annals of the CIRP* 44: 425-428.
 95. Peyrelongue, C. Martner; Martínez, M. A (2001) Tendencias recientes en el transporte marítimo internacional y su impacto em los puertos mexicanos. Publicación temática, n. 162, Sanfadila: secretaria de Comunicaciones y transportes / Instituto Mexicano del Transporte.
 96. Portal Exame. Estudos Exame. A era da logística.
Disponível em:
<http://www.revistaportuaria.com.br/site/?home=noticias&n=CUC>
Td, acesso em 05 de outubro de 2006.
 97. Revista Portuária.
Disponível em:
<http://www.revistaportuaria.com.br/site/?home=noticias&n=CUC>
Td, acesso em 30 de agosto de 2011.

98. Richardson, George and Pugh III (1981) *Introduction to System Dynamics*. Pegasus Communication:, Waltham.
99. Richardson, George (1986) Problems with causal-loop diagrams. *System Dynamics Review*, Chichester, v.2, n.2, p.158-169, Summer 1986.
100. Richardson, Roberto Jarry (1989) *Pesquisa Social: métodos e técnicas*. Atlas: São Paulo.
101. Rocha, L. M. (1999) From artificial life to semiotic agent models: review and research directions. Los Alamos National Laboratory. Los Alamos. (LA-UR-99-5475).
102. Rosenfield, D., Copacino, W., Payne, E. (1989) Logistics planning and evaluation using “what-if” simulation. *Journal of Business Logistics*, Lombard, v. 6, n. 2, p. 89-109.
103. Sanches, Lars Meyer (2009) *Análise do acúmulo da demanda logística no final do período de comercialização: um modelo de Dinâmicas de Sistema para o setor de bens de consumo brasileiro*. Tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Estadual de Campinas.
104. Sanjaya, Lall (2000) The technological structure and performance of developing country manufactured exports, 1985-98. *Oxford Developments Studies*, v. 28, n. 3, 337-369.
105. Santana, Winston Carvalho (2005) *Proposta de modelo de desenvolvimento de sistema de medição de desempenho logístico*. Dissertação de Mestrado Profissional em Logística pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC – Rio de Janeiro.
106. Santos, Joaquim Rocha dos (2007) *A indústria marítima mundial: uma análise sob a perspectiva da Dinâmica de Sistemas*. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação do Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica, da Universidade de São Paulo.
107. Schieritz, N. and Milling, P. M. (2003) Modeling the forest or modeling the trees: a comparison of system dynamics and agent-based simulation. 21st System Dynamics Conference. New York.

108. Schoeler, Sadi Luís (2000) A movimentação de cargas pesadas em portos brasileiros: dificuldades e perspectivas. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Federal de Santa Catarina.
109. Scholz-Reiter, B; Freitag, B; Windt, Katja (2004) Autonomous logistic processes. *Annals of the CIRP* 37: 357-362.
110. Scholz-Reiter, B; Wirth, Fabian; Freitag, Michael; Dashkovskiy, Sergey; Jagalski, Thomas; Beer, Christoph de; Rüffer, Björn (2007-a) Mathematical models of autonomous logistic processes. In: Hülsmann, M.; Windt, Katja (ed.) *Understanding autonomous cooperation and control in logistics*, German: Springer.
111. Scholz-Reiter, B; Novaes, A. G. N; Frazzon, E. M. (2007-b) Innovation, Logistics and Internationalization: Strategic Perspective and Cultural Aspects. In: Cybis, H. B. B; Orrico Filho, R. D; D'Agosto, M. A (eds.): *Panorama Nacional de Pesquisa em Transportes 2007: XXI Brazilian Congress of Transportation and Logistics*, ISBN 978 85 87893 13 0. Rio de Janeiro.
112. Schönberger, J. (2005) *Operational freight carrier planning*, Springer: Berlin, Heidelberg, New York.
113. Seifert, Dirk (2003) *Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment: how to create a supply chain advantage*. Amacom: USA.
114. Shapley, L. S. A. (1953) Value for n-Person Games. In: KUHN, H. W.; TUCKER, A. W. (Eds.). *Contribution to the Theory of Games. Annals of Mathematics Studies*. Princeton University Press: New Jersey, p. 307-317.
115. Sherman, Richard J. (1998) Collaborative planning, forecasting & replenishment (CPFR): realizing the promise of efficient consumer response through collaborative technology. *Journal of Marketing: Theory and Practice*, v. 6, n. 4, p. 6-9.
116. Siljak, D. D. (1990) *Decentralized control of complex systems. Mathematics in Science and Engineering* 184. Academic Press: Boston.
117. Silva, Vanina Macowski Durski; Zago, Camila Avozani; Coelho, Antônio Sérgio; Gonçalves, Mirian Buss (2008) *Sistema logístico*

na indústria cosmética: o caso Natura. Anais do XV Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP), realizado de 10 a 12 de novembro. Unesp, Bauru, Brasil.

118. Silva, Vanina Macowski Durski; Coelho, Antônio Sérgio; Zago, Camila Avozani (2009) Collaborative Transportation Management (CTM): uma nova ferramenta de apoio à cadeia de suprimentos. *Revista Tecnologia (UNIFOR)*, v. 30, p. 265-272.
119. Silva, Vanina Macowski Durski; Novaes, Antônio Galvão; Scholz-Reiter, Bernd; Piotrowski, J. (2010 -a) Introducing the concept of Autonomous Agent as a tool to assist the analysis of the collaboration between manufactured exporters and maritime shippers. Proceedings of the 1st International Conference on Logistics and Maritime Systems (LOGMS). September, Pusan, South Korea.
120. Silva, Vanina Macowski Durski; Loureiro, Sérgio Adriano; Novaes, Antônio G.; Orlando Fontes Lima Jr.; Antônio Sérgio Coelho (2010 -b) The Collaborative Maritime Transportation's problem under System Dynamics and Agent Based Modelling and Simulation approaches. *Revista Tecnologia (UNIFOR)*, v. 31, n. 2, *in press*.
121. Silva, Vanina Macowski Durski; Loureiro, Sérgio A.; Novaes, Antônio. G. N.; Scholz-Reiter, Bernd. (2011-a) Kollaborativer Seetransport: Beziehungspolitik der brasilianischen Exportkette für Fertigungsprodukte. *Industrie Management* 27:23-26.
122. Silva, Vanina Macowski Durski; Coelho, Antônio Sérgio; Novaes, Antônio G. (2011-b) The role of collaboration through manufactured goods' exportation process under System Dynamics analysis. Proceedings of the 29th International Conference of The System Dynamics Society, July 24-28. Washington DC, USA.
123. Silva, Vanina Macowski Durski; Coelho, Antônio Sérgio; Novaes, Antônio Galvão; Lima Jr, Orlando Fontes (2011 -c) Remarks on collaborative maritime transportation's problema using System Dynamics and Agent Based Modeling and Simulation approaches. In: Luis M. Camarinha-Matos; Alexandra Pereira-Klen; Hamideh Afsarmanesh (Eds.). *Adaptation and Value Creating Collaborative Networks*. 1 ed., p. 245-252, Springer .

124. Slack, B. (199) Pawns in the game: ports in a global transportation system. *Growth and Change*, v. 24, p.379-388.
125. Souza, Erika (2009) Alianças, América Latina e sistema marítimo portuário mundial. *Anais do 12º Encuentro de geógrafos de America Latina*, 3-7 de abril, Montevideo, Uruguay.
126. Sterman, John (2000) *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*. McGraw-Hill Companies: USA.
127. Sterman, John (2002) All Models are wrong: reflections on becoming a system scientist. *System Dynamics Review* – vol. 18. 501–531.
128. Stopford, Martin (2009) *Maritime Economics*. 3rd edition. Routledge: London.
129. Sutherland, Joel (2003) Collaborative transportation management – creating value trough increased transportation efficiencies. *Business Briefing – Pharmagenetics*, September.
130. Sys, Christa (2007) Measuring the degree of concentration in the container liner shipping industry. University College Ghent - Faculty of Applied Business, Ghent, Belgium.
Disponível em:
<http://www.feb.ugent.be/soceco/sherppa/members/christa/documents/paper1.pdf>, acesso em 27 de janeiro de 2010.
131. Tacla, Douglas (2003) Estudo de transporte colaborativo de cargas de grande volume, com aplicação em caso de soja e fertilizantes. Tese de Doutorado. Programa de Engenharia Naval e Oceânica, área de concentração: Transportes e Sistemas Logísticos, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
132. Taurion, Cezar (2011) O mundo precisa ser pensado como sistema de sistemas interrelacionados.
Disponível em:
<http://www.portal2014.org.br/noticias/8204/O+MUNDO+PRECI+SA+SER+PENSADO+COMO+SISTEMA+DE+SISTEMAS+INTERRELACIONADOS.html>, acesso em 10 de outubro de 2011.
133. Tenório, Oscar (1944) *LICCB comentada*. Livraria Jacinto: Rio de Janeiro.

134. Teplitz, C. J. (1991) *The Learning Curve Deskbook: A reference Guide to Theory, Calculations and Applications*. Quorum Books: New York.
135. Townsend, J. D. (2003) Understanding alliances: a review of international aspects in strategic marketing. *Marketing Intelligence & Planning*, 31(3):143-155.
136. Tubino, Dálvio Ferrari (1999) *Sistemas de produção: a produtividade no chão de fábrica*. Bookman: Porto Alegre.
137. Valente, Murrilo Gurgel (1972) *A política de transportes marítimos do Brasil*. Serviço de documentação do Ministério dos Transportes.
138. Vennix, J. A. M. (1996) *Group model building: facilitating team learning using system dynamics*. Sage: England.
139. Vidigal, Armando; Boavista, Marcílio (2006) *Amazônia azul – o mar que nos pertence*. Editora Record: Rio de Janeiro.
140. Vieira, Guilherme Bergmann Borges (2002) *Transporte internacional de cargas*. 2ª ed. Aduaneiras: São Paulo.
141. Vieira, Guilherme Bergmann Borges e Santos, Carlos Honorato Schuch (2008) *Logística e gestão portuária: uma visão ibero-americana*. Educs: Caxias do Sul.
142. Vieira, Hélio Flávio (1996) *Uma visão empresarial do processo de exportação de produtos containerizados: análise do nível de serviço logístico*. Dissertação de Mestrado. Programa de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
143. Warren, Kim (2002) *Competitive Strategy Dynamics*. John Wiley & Sons Ltd: England.
144. Whelan, Joseph; Msefer, Kamil (1996) *Economic supply & demand*. Material prepared for the MIT System Dynamics in Education Project, under the supervision of Professor Jay Forrester.
145. Womack, J. P; Jones, D. T. (1997) *A mentalidade enxuta nas empresas*. 6ª ed. Campus: São Paulo.
146. Wooldridge, M.J. and Jennings, N. R. (1995) Intelligent agents: theory and practice. *The Knowledge Engineering Review* [S.I.], v. 10, n. 2, p. 115-152.

147. Wright, T. P. (1936) Factors Affecting the Cost of Airplanes. *Journal of the Aeronautical Sciences*, London, v. 3, p. 122-128.
148. Yoshisaki, H. T. Y. (1997) Planejamento e projeto de bases de modelos quantitativos de auxílio à decisão Tese de doutorado do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

