



SÉRGIO ADRIANO LOUREIRO

**ANÁLISE DOS IMPACTOS DOS ARRANJOS
RELACIONAIS EM TRANSPORTES POR MODELO
MULTIAGENTES**

CAMPINAS

2014



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

SÉRGIO ADRIANO LOUREIRO

**ANÁLISE DOS IMPACTOS DOS ARRANJOS
RELACIONAIS EM TRANSPORTES POR MODELO
MULTIAGENTES**

Orientador: Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Júnior

Tese de Doutorado apresentada a Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, na área de Transportes

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE
DEFENDIDA PELO ALUNO SERGIO ADRIANO LOUREIRO E
ORIENTADO PELO PROF. DR. ORLANDO FONTES LIMA JÚNIOR.**

ASSINATURA DO ORIENTADOR

**CAMPINAS
2014**

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Elizangela Aparecida dos Santos Souza - CRB 8/8098

L934a Loureiro, Sérgio Adriano, 1979-
Análise dos impactos dos arranjos relacionais em transportes por modelo multiagentes / Sérgio Adriano Loureiro. – Campinas, SP : [s.n.], 2014.

Orientador: Orlando Fontes Lima Júnior.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Logística. 2. Transportes. 3. Planejamento. 4. Avaliação de desempenho. 5. Método de simulação. I. Lima Júnior, Orlando Fontes, 1958-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Analysis of the impacts of relational arrangements in transport by multi-agent model

Palavras-chave em inglês:

Logistics

Transportation

Planning

Performance evaluation

Simulation method

Área de concentração: Transportes

Titulação: Doutor em Engenharia Civil

Banca examinadora:

Orlando Fontes Lima Júnior [Orientador]

Diogenes Cortijo Costa

Miguel Juan Bacic

Rodrigo de Alvarenga Rosa

Antônio Galvão Naclério Novaes

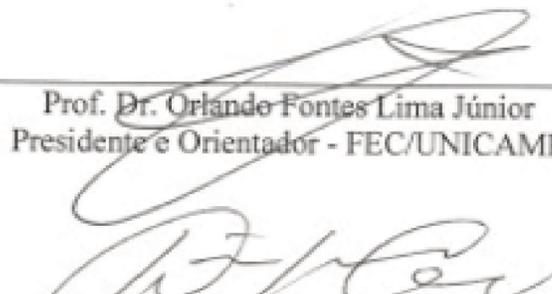
Data de defesa: 26-03-2014

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

**ANÁLISE DOS IMPACTOS DOS ARRANJOS RELACIONAIS EM
TRANSPORTES POR MODELO MULTIAGENTES**

Sérgio Adriano Loureiro

Tese de Doutorado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



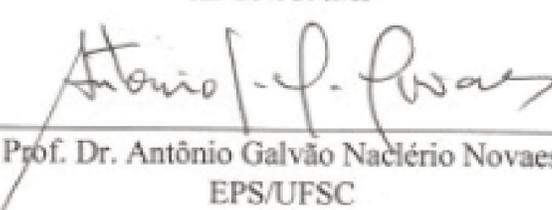
Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Júnior
Presidente e Orientador - FEC/UNICAMP



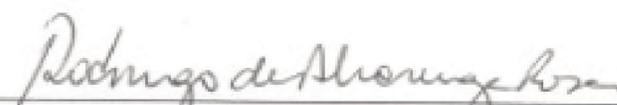
Prof. Dr. Diogenes Cortijo Costa
FEC/UNICAMP



Prof. Dr. Miguel Juan Bacic
IE/UNICAMP



Prof. Dr. Antônio Galvão Naclério Novaes
EPS/UFSC



Prof. Dr. Rodrigo de Alvarenga Rosa
DEPR/UFES

Campinas, 26 de março de 2014

RESUMO

Nas últimas décadas as diversas transformações promovidas na sociedade pelo desenvolvimento econômico e da tecnologia da informação tem refletido no surgimento de novos e complexos modelos de relacionamentos entre empresas. Neste contexto sistemas logísticos balanceados, eficientes e responsivos têm fundamental importância para manutenção da vantagem competitiva das empresas e sua conseqüente sobrevivência no mercado. Apesar da abrangência e do grande número de estudos sobre redes de suprimentos percebe-se que os modelos de avaliação existentes não abordam o problema de forma integrada. Estes modelos não contemplam as complexas e pulverizadas interações existentes entre os diversos agentes na cadeia de suprimentos nem tratam de forma integrada elementos de poder, dinheiro e confiança que tem caracterizados os relacionamentos entre empresas neste novo contexto. Esta tese tem como objetivo investigar os diferentes modelos de arranjos relacionais existentes entre empresas na cadeia de suprimentos, desenvolver um modelo conceitual e computacional que permita avaliar o impacto dos diferentes arranjos relacionais sobre a cadeia de suprimentos e aplicar o modelo em um caso de transportes. Para atingir o objetivo proposto foi adotada uma estratégia de trabalho composta por pesquisa bibliográfica, estudo de casos e experimentação através de modelagem computacional. Com base nos subsídios teóricos e práticos encontrados é possível uma maior compreensão do fenômeno de construção de redes de suprimentos, utilizando tanto uma visão tradicional que considera o processo de cima para baixo (*top-down*), quanto a visão moderna que estuda a formação de redes colaborativas e cooperativas construídas de forma emergente (*bottom-up*). O modelo computacional desenvolvido permite simular a dinâmica destes relacionamentos e avaliar o desempenho das cadeias de suprimentos frente a diferentes políticas e estratégias de relacionamentos. O modelo desenvolvido foi aplicado a um problema típico de transporte de cargas para avaliar o desempenho de diferentes políticas de gestão de relacionamentos para empresas do setor.

Palavras-chave - Logística – Transportes - Planejamento – Avaliação de Desempenho – Métodos de Simulação

ABSTRACT

In recent decades the various changes brought on by society and economic development of information technology is reflected in the emergence of new and complex models of relationships between companies , logistics systems where balanced , efficient, and responsive are extremely important to maintaining the competitive advantage of companies and their subsequent survival in the market . Despite the breadth and the large number of studies on supply networks, realize that the valuation models developed do not address the problem in an integrated way, considering the complex and sprayed interactions between the different actors in the supply chain and elements of power, money and trust that has characterized the relationships between companies in this new context. This thesis aims to investigate different models of relational arrangements between companies in the supply chain, develop a conceptual and computational model to assess the impact of different relational arrangements on the supply chain. To reach that goal was adopted a search strategy consisting of literature, case studies and experimentation using computer modeling. Based on the theoretical and practical information can be found a greater understanding of the phenomenon of building supply networks , using both a traditional view that considers the process from top to bottom (top-down) , as the modern view that studies the formation of collaborative networks and cooperatives constructed as emergent (bottom-up) . The computational model developed to simulate the dynamics of these relationships and evaluate the performance of supply chains to different policies and strategies of relationships. The model was applied to a typical problem of load transportation to evaluate the performance of different policies of managing relationships.

Keywords - Logistics – Transportation- Planning - Performance Evaluation - Simulation Methods

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. MOTIVAÇÃO	1
1.2. OBJETIVOS	4
1.3. MÉTODO DE PESQUISA.....	5
1.4. CONTRIBUIÇÕES	8
1.5. LIMITAÇÕES	10
1.6. ESTRUTURA DA TESE	10
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	13
2.1. EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE SUPPLY CHAIN	13
2.2. RELACIONAMENTOS ENTRE EMPRESAS	17
2.2.1. Visão Estratégica de Posicionamento	17
2.2.2. Teoria Econômica dos Custos de Transação.....	21
2.2.3. Visão Baseada em Recursos.....	24
2.2.4. Teoria das Trocas Sociais.....	25
2.2.5. Abordagens de Redes.....	26
2.3. MODELOS DE CLASSIFICAÇÃO DOS RELACIONAMENTOS	28
2.3.1. A classificação proposta por Lambert, Emmelhainz e Gardner	28
2.3.2. A classificação proposta por Pires (2004).....	29
2.3.3. A classificação de Bowersox, Closs e Cooper	30
2.3.4. A classificação de Emment e Crocker	31
2.3.5. A classificação proposta por Rinehart, Lee e Page Jr.	31
2.3.6. Considerações sobre as classificações de relacionamentos cliente-fornecedoer.....	33
2.4. TIPOLOGIAS DE REDES.....	34
2.5. ASPECTOS QUE MOLDAM OS RELACIONAMENTOS	38
2.5.1. Competição, Cooperação e Colaboração	38
2.5.2. Poder, Confiança e Dinheiro	41
2.5.3. Contratos de Fornecimento	44
2.6. DESEMPENHO EM CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	47
2.7. MODELOS DE RELACIONAMENTOS ENTRE EMPRESAS.....	48
2.8. MÉTODOS PARA ABORDAR O PROBLEMA	53

2.8.1.	Programação Matemática e Simulação Computacional.....	55
2.8.2.	Teoria dos Jogos	56
2.8.3.	Métodos Multicritério	58
2.9.	MÉTODOS DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL.....	62
2.9.1.	Modelagem Computacional	62
2.9.2.	Simulação Computacional.....	64
2.10.	Simulação de Eventos Discretos.....	65
2.11.	Dinâmica de Sistemas	67
2.12.	Modelagem Baseada em Agentes.....	68
2.13.	Análise Comparativa das Abordagens de Simulação	75
3.	MÉTODO.....	93
3.1.	JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO MÉTODO.....	93
3.2.	PROCEDIMENTO PARA DESENVOLVIMENTO DO MODELO.....	94
3.2.1.	Passo 1 – Formulação do Problema.....	96
3.2.2.	Passo 2 – Avaliação do Problema.....	96
3.2.3.	Passo 3 – Modelagem Conceitual.....	98
3.2.4.	Passo 4 – Verificação da Consistência.....	112
3.2.5.	Passo 5 – Seleção da Plataforma de Desenvolvimento.....	112
3.2.6.	Passo 6 – Desenvolvimento do Modelo Computacional.....	114
3.2.7.	Passo 7 – Depuração e Teste do Modelo Computacional.....	114
3.2.8.	Passo 8 – Avaliação do Modelo Computacional.....	115
4.	DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE SIMULAÇÃO	117
4.1.	PASSO 1 - FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	117
4.2.	PASSO 2 – AVALIAÇÃO DO PROBLEMA.....	119
4.3.	PASSO 3 – MODELAGEM CONCEITUAL.....	122
4.4.	PASSO 4 – VERIFICAÇÃO DA CONSISTÊNCIA.....	127
4.5.	PASSO 5 – SELEÇÃO DA FERRAMENTA DE DESENVOLVIMENTO.....	128
4.6.	PASSO 6 – DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE SIMULAÇÃO	131
4.7.	PASSO 7 – DEPURAÇÃO E TESTE DO MODELO DE SIMULAÇÃO.....	135
4.8.	PASSO 8 – AVALIAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO	138
5.	APLICAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO	141
5.1.	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	141

5.2.	PRINCIPAIS COMPONENTES DO MODELO	147
5.2.1.	Agente EMBARCADOR.....	147
5.2.2.	Agente CLIENTE	153
5.2.3.	Agente TRANSPORTADORA	154
5.3.	AMBIENTE.....	156
5.4.	DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS	157
5.4.1.	Competitivo	157
5.4.2.	Colaborativo	158
5.5.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA SIMULAÇÃO	158
5.5.1.	Situação Real.....	159
5.5.2.	Cenário Competitivo.....	161
5.5.3.	Cenário Colaborativo	163
5.6.	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	166
5.7.	AVALIAÇÃO DO MODELO	167
6.	CONCLUSÕES	169
6.1.	RESPOSTA A QUESTÃO PROPOSTA	169
6.2.	LIMITAÇÕES	171
6.2.1.	MODELO TEÓRICO	171
6.2.2.	MODELO DE SIMULAÇÃO	171
6.3.	RECOMENDAÇÕES.....	172
6.3.1.	MODELO TEORICO	172
6.3.2.	MODELO DE SIMULAÇÃO	172
7.	REFERÊNCIAS	175
8.	APÊNDICE	187
9.	ANEXO.....	223

DEDICATÓRIA

À memória da minha avó

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes - LALT, por criar condições para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Antônio G. Novaes pelas sugestões, indagações e cobranças sempre oportunas e motivadoras. Foi um grande aprendizado participar de um grupo de pesquisa coordenado pelo prof. Novaes. Mais uma vez agradeço a oportunidade.

Aos amigos e colegas do LALT, um obrigado especial pela ajuda e atenção, Damares, Wendy e Vanderlei, direta e indiretamente vocês contribuirão para conclusão deste trabalho.

Aos professores e amigos Paulo Ignácio, Lars Sanches, Raul Arelano e Regina Branski pelas sugestões e indagações, e principalmente pela motivação proporcionada.

Aos professores Carlos Alberto Bandeira Guimarães e Diogenes Cortijo Costa pelas valorosas contribuições dadas ao trabalho no exame de qualificação.

Aos funcionários da secretária de Pós-Graduação, especialmente ao funcionário Eduardo Estevam da Silva por toda ajuda, atenção e paciência.

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

À CAPES pela bolsa sanduíche concedida dentro do programa BRAGECRIM para o projeto LogGlobal coordenado pelo prof. Novaes.

À colega Vanina Macowski Durski Silva a contribuição dada no desenvolvimento da tese. Aos colegas do BIBA Thomas Makuschewitz, Daniel Rippel e Steffen Sowade por toda ajuda e apoio no período na Alemanha.

Ao JB pela amizade e paciência, nossas conversas ao longo do período de desenvolvimento deste trabalho foram muito importantes.

À amiga e professora Eliana Senna, um obrigado especial, sua atenção e preocupação e conselhos sempre são muito bem vindos.

Ao meu orientador professor Orlando Fontes Lima Júnior, obrigado por sua paciência, disposição e orientação. Muito obrigado por todas as oportunidades. Espero poder sempre retribuir sua amizade e confiança.

À minha família em especial a minha mãe Cecília e minha tia Ercília, pelo apoio e amor incondicional.

Finalmente à Roberta, sem seu amor, dedicação e ajuda a conclusão deste trabalho seria impossível.

“Mesmo quando tudo parece desabar, cabe a mim decidir entre rir ou chorar, ir ou ficar, desistir ou lutar; porque descobri, no caminho incerto da vida, que o mais importante é o decidir” Cora Coralina

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo MPT. Fonte: (Lima, 2007).....	3
Figura 2 – Cubo de Elementos de Análise dos Relacionamentos	4
Figura 3- Etapas de Desenvolvimento da Pesquisa	7
Figura 4 – Modelo de cinco forças. Porter, 1998.	18
Figura 5 – Mapa conceitual das redes de cooperação. Fonte: Balestrin e Verschoore (2008).....	27
Figura 6 -Tipos de relacionamentos. Fonte: Lambert, Emmelhainz e Gardner (1996)	29
Figura 7 – Classificação dos relacionamentos entre empresas. Bowersox, Closs e Cooper (2006)	31
Figura 8 – Elementos que forma o conceito de colaboração. Fonte: Vieira, Yoshizaki e Ho (2009)	40
Figura 9 –Modelo MPT expandido.....	49
Figura 10 – Modelo Conceitual dos Relacionamentos entre Empresas. Lefaix-Durand, Poulin e Beauregard (2006)	51
Figura 11 –Modelo Teórico de Relacionamentos. Modificado de Lefaix-Durand, Poulin e Beauregard (2006)	53
Figura 12 – Sistemas de tomada de decisão. Fonte: (Schmidt, 1995)	60
Figura 13 –Etapas do processo de análise multicritérios de apoio à decisão. Fonte: (Soares, 2003).	61
Figura 14 – Processos-chave em Estudo de Modelagem. Fonte:(Robinson, 2004).	63
Figura 15 – Elementos do Sistema. Fonte: Harrell et al (2004)	66
Figura 16- Abordagens de simulação versus nível de abstração dos modelos. Fonte Borshchev e Filippov (2004).	83
Figura 17 – Aplicações de simulação versus o grau de abstração do modelo. Fonte Borshchev e Filippov (2004).	84
Figura 18- Processo de Modelagem Baseada em Agentes. Adaptado de Šalamon (2011).....	95
Figura 19- Esquema Geral dos Diagramas de Modelagem Conceitual. Adaptado de Šalamon (2011).....	100
Figura 20 – Diagrama de Agente Global com objetivo específico. Adaptado de Šalamon (2011)	101
Figura 21- Agente com referência a um diagrama de objetivos e metas. Adaptado de Šalamon (2011).....	101
Figura 22- Representação da existência de comunicação entre agentes. Adaptado de Šalamon (2011).....	102
Figura 23 - Representação de ação do ambiente sobre o agente e do agente sobre o ambiente. Adaptado de Šalamon (2011)	102
Figura 24 - Representação de ação de um agente sobre outro. Adaptado de Šalamon (2011)	103
Figura 25- Representação da percepção do ambiente pelo agente e ação do agente sobre o ambiente. Adaptado de Šalamon (2011)	103
Figura 26- Diagrama de Agente Global. Adaptado de Šalamon (2011).....	103
Figura 27- Diagrama de Agente Detalhado. Adaptado de Šalamon (2011).....	104
Figura 28- Estrutura do diagrama de objetivos e metas. Adaptado de Šalamon (2011).....	105

Figura 29- Diagrama de Objetivos e Metas sequencial. Adaptado de Šalamon (2011)	106
Figura 30- Diagrama de Objetivos Concorrentes. Adaptado de Šalamon (2011)	107
Figura 31- Diagrama de objetivos condicional. Adaptado de Šalamon (2011)	107
Figura 32 - Diagrama de Ambiente. Adaptado de Šalamon (2011)	108
Figura 33 – Diagrama de Classes. Adaptado de Fowler (2005).....	109
Figura 34 – Diagrama de Atividades. Adaptado de Šalamon (2011)	110
Figura 35 – Diagrama de Comunicação. Adaptado de Fowler (2005)	111
Figura 36 – Diagrama de Agente Global	123
Figura 37 – Diagrama de Objetivos e Metas do Agente Fornecedor.....	123
Figura 38 – Diagrama de Objetivos e Metas do Agente Consumidor	124
Figura 39 – Diagrama de Objetivos e Metas do Agente Intermediário	124
Figura 40 –Diagrama de Agente Detalhado Fornecedor.....	125
Figura 41- Diagrama de Agente Detalhado Consumidor.....	125
Figura 42- Diagrama de Agente Detalhado Intermediário	126
Figura 43 – Diagrama de Ambiente.....	126
Figura 44 – Diagrama de Comunicação dos Agentes.....	127
Figura 45 – Janela Anylogic Problem View.....	136
Figura 46 –Processo de Verificação individual dos Agentes	137
Figura 47 – Processo de Verificação dos Agentes aos pares.....	138
Figura 48 – Agentes do Modelo e fluxo de interações	143
Figura 49 – Processo de Recebimento de Pedidos Agente EMBARCADOR: Cenário Competitivo	149
Figura 50 – Processo de Recebimento de Pedidos Agente EMBARCADOR: Cenário Colaborativo	150
Figura 51 – Processo de expedição de pedidos e seleção do fornecedor de transportes Agente EMBARCADOR	151
Figura 52 – Processo de Expedição Consolidada e seleção do fornecedor de transportes Agente EMBARCADOR	152
Figura 53 - Processo de Recebimento de Pedidos Agente CLIENTE	153
Figura 54 - Processo de colocação de pedidos e seleção do fornecedor Agente CLIENTE.....	154
Figura 55 - Processo de recebimento de pedidos Agente TRANSPORTARORA	156
Figura 56 - Processo de expedição de pedidos Agente TRANSPORTADORA	156
Figura 57 – Componentes do ambiente principal do Modelo	157

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –Matriz Payoffs Jogo Dilema do Prisioneiro	57
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Histograma de distribuição de pedidos.....	143
Gráfico 2 – Histograma de Transit Time	144
Gráfico 3 – Toneladas x número de embarques diários situação real	159
Gráfico 4 – Distribuição de Veículos por tipo – sistema real	160
Gráfico 5 – Embarques e volumes diários cenário competitivo	161
Gráfico 6 – Histograma da distribuição de pedidos cenário competitivo	162
Gráfico 7 – Distribuição de Veículos por tamanho	162
Gráfico 8 - Histograma da distribuição de pedidos diretos - cenário colaborativo	164
Gráfico 9 - Histograma da distribuição de pedidos consolidados- cenário colaborativo.....	164
Gráfico 10 - Distribuição de Veículos por tamanho - cenário colaborativo	165

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - História da Cadeia de Suprimentos. Fonte: Emmett e Crocker (2006).....	16
Quadro 2 – Estratégias Genéricas de Porter. Porter, 1998.....	20
Quadro 3 – Implicações Organizacionais das hipóteses comportamentais da Teoria dos Custos de Transação. Williamson, 1991.....	23
Quadro 4 - Níveis de cooperação na cadeia de suprimentos. Fonte: Pires (2004).....	30
Quadro 5 – Tipos de relacionamentos com fornecedores. Fonte: Emmett e Crocker (2006).....	31
Quadro 6 – Tipos de Relacionamentos. Fonte: Rinehart, Lee e Page Jr. (2008).....	32
Quadro 7 – Tipologias de Redes Empresariais. Fonte: Olave e Amato Neto (2001).....	36
Quadro 8 – Síntese das Diferentes Configurações de Redes Cooperativas. Fonte: Balestrin e Verschoore (2008).....	37
Quadro 9 – Estratégias de Negócio Discreta vs. Relacional. Benton e Maloni (2005).....	44
Quadro 10 – Três elementos chave para análise dos relacionamentos entre empresas. Lefaix-Durand, Poulin e Beaugard (2006).....	50
Quadro 11 – Caracterização da Natureza e Governança dos Relacionamentos e do Ambiente de Negócios. Lefaix-Durand, Poulin e Beaugard (2006).....	52
Quadro 12 – Aspectos práticos da Pesquisa Operacional hard e soft. Fonte: Pidd, M. (2004).....	54
Quadro 13 – Categorias e características dos modelos. Fonte: Ragsdale, 2009.....	55
Quadro 14 – Principais métodos de análise multicritério de decisão. Adaptado de Gomes et al. (2004).....	62
Quadro 15 – Aplicações de modelagem baseada em agentes. Fonte: Macal e North (2005)....	69
Quadro 16 – Propriedades dos agentes. Fonte: Schieritz e Milling (2003).....	73
Quadro 17 – Exemplos de agentes, propriedades e atributos. Fonte: North e Macal (2007).....	74
Quadro 18- Diferenças conceituais entre simulação de eventos discretos e dinâmica de sistemas. Fonte: Lane (2000).....	76
Quadro 19 - Comparativo entre simulação de eventos discretos e a dinâmica de sistemas. Fonte: Brailsford e Hilton (2001).....	77
Quadro 20 – SD versus ABM. Fonte: Schieritz e Milling (2003).....	77
Quadro 21a – Síntese da comparação entre SD e DES. Fonte: Mayo e Wichmann (2003).....	78
Quadro 22 - Diferenças entre DES e a DS. Fonte: Morecroft e Robinson (2005).....	80
Quadro 23 – Comparação entre DES e ABMS. Fonte: Sakurada e Miyake (2009).....	82
Quadro 24a – Aplicações e limitações das diferentes abordagens de simulação. Fonte North e Macal (2007).....	85
Quadro 25 – Resumo das análises comparativas de modelagem e simulação.....	89
Quadro 26 –Resumo das principais diferenças entre os métodos.....	90
Quadro 27 – Tabela de Verificação de Consistência do Modelo.....	127
Quadro 28 - Comparação entre ferramentas de modelagem e simulação. Adaptado de Robinson (2004).....	129
Quadro 29 – Reflexos dos problemas de transporte. Adaptado de Tacla et al., 2008.....	142
Quadro 30 – Objetivos dos Agentes.....	145
Quadro 31 – Conjunto de decisões dos Agentes.....	145
Quadro 32a – Resumo das premissas e simplificações adotadas para o modelo.....	146

Quadro 33 – Principais variáveis, parâmetros e eventos do Agente EMBARCADOR.....	149
Quadro 34 - Principais variáveis, parâmetros e eventos do Agente CLIENTE	153
Quadro 35 - Principais variáveis, parâmetros e eventos do Agente TRANSPORTADORA	155
Quadro 36 – Respostas as questões específicas propostas.....	171

LISTA DE SIGLAS

- ABMS – *Agent Based Modeling and Simulation* (Modelagem e Simulação Baseada em Agentes)
- AHP – *Analytic Hierarchy Process* (Método de Análise Hierárquica)
- C- linguagem de programação compilada
- C++ - linguagem de programação multi-paradigma
- CP – Custo de Produção
- CPI – Custo de Produção Interna
- CPM – *Critical Path Method* (Método do Caminho Crítico)
- CT – Custo de Transação
- DES – *Discrete Event Simulation* (Simulação de Eventos Discretos)
- DMD – Decisão Multicritério Discreta
- ELECTRE – *Elimination Et Choix Traduisant la Réalité* (Eliminação e Escolha Representado a Realidade)
- ERP – *Enterprise Resource Planning* (Sistemas Integrados de Gestão Empresarial)
- GIS – *Geographic Information System* (Sistema de Informação Geográfico)
- GPSS – *General Purpose Simulation System*
- INFORMS - *The Institute for Operations Research and the Management Sciences*
- MPT – *Money, Power and Trust* (modelo teórico proposto por Lima (2007))
- MRP – *Material Requirements Planning* (Planejamento de Necessidades de Materiais)
- MRP II - *Manufacturing Resource Planning* (Planejamento dos Recursos de Manufatura)
- MWM – *Motoren Werke Mannheim Ag* (empresa fabricante de motores de combustão)
- PERT - *Program Evaluation and Review Technique*
- PO – Pesquisa Operacional
- PROMÉTHÉE – *Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations*
- RPG – *Role Playing Game*
- SC – *Supply Chain*
- SCM – *Supply Chain Management*

SD – *System Dynamics* (Dinâmica de Sistemas)

TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação

UML – *Unified Modeling Language* (Linguagem de Modelagem Unificada)

VW – *VolksWagen*

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta as motivações iniciais, os objetivos, o método de pesquisa adotado, as contribuições e limitações do trabalho. Na seção final deste capítulo é apresentada a estrutura da tese com uma breve descrição dos assuntos abordados por capítulo.

1.1. MOTIVAÇÃO

O processo de globalização deflagrado no mundo, e no Brasil no início da década de 90 através da abertura econômica, colocou muitos dos setores econômicos frente a uma nova realidade, a da competição em nível global (Pires, 2004). Balestrin e Verschoore (2008) apontam como consequências deste processo: o acirramento da competição pela entrada de novos concorrentes nos mercados nacionais antes protegidos; o modo rápido e contínuo como as inovações passaram a ocorrer; a maior facilidade com que as vantagens estáveis passaram a erodir; e a substituição do modo de competição tradicional pela coexistência de múltiplos modelos competitivos em mercados segmentados.

Neste novo cenário duas forças fundamentais têm conduzido a economia globalizada (Bowersox, Closs e Cooper, 2006), a primeira refere-se à expansão da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC). A disponibilidade de informações com velocidade precisão e relevância vem transformando a maioria as atividades humanas. Para as empresas, essa nova realidade tornou possível uma nova ordem de relacionamentos de negócios chamada gestão da cadeia de suprimentos (Bowersox, Closs e Cooper, 2006).

A segunda força emerge da evolução do perfil da oferta e demanda. Novaes (2007) afirma que “hoje se observa uma dinâmica nunca antes constatada na oferta de produtos”, em função do rápido aprimoramento dos mesmos pela incorporação de novos elementos e tecnologias, e pela oferta diversa de produtos com diferentes especificações, níveis de qualidade e preço. Pelo lado da oferta, Pires (2004) enfatiza que “caminhamos para uma situação onde o cliente quer cada vez mais produtos customizados com prazos de entrega cada vez mais confiáveis e próximos da pronta entrega”.

Para Balestrin e Verschoore (2008) essas mudanças evidenciaram a incapacidade das empresas em agregar internamente as competências necessárias para atender os desafios do novo ambiente. Assim, as relações com outras empresas deixaram de ser vistas apenas como transações de

mercado, passando a ser vistas como oportunidades de se obter ativos complementares (tecnologias e competências), conseqüentemente a gestão das relações entre organizações tornou-se um fator chave da nova economia.

À medida que as empresas fortalecem os laços com outras organizações e assim, agregam novas competências, elas tornam seus limites cada vez mais ambíguos e abrem mão de parte de sua autonomia, já que passam a compartilhar decisões estratégicas e operacionais. Apesar de legalmente independentes, na realidade as empresas são interdependentes (Ballou, 2006a; Christopher, 2007).

Christopher (2007) e Novaes (2007) afirmam que as organizações entraram em uma fase de integração estratégica onde a competição não ocorre mais entre organizações isoladas, mas entre cadeias de suprimento. Para Balestrin e Verschoore (2008) uma dicotomia competição-cooperação marca as relações entre as organizações nos dias de hoje, segundo Ballou (2006a) mecanismos formais e informais de recompensa e penalização vêm sendo adotados por muitos dos membros do canal para efetivar essa integração, segundo o autor estes mecanismos tem a ver com poder e confiança.

Ballou (2006a) afirma que “colaboração, coordenação e confiança entre organizações são o cerne da gestão da cadeia de suprimentos” e “a chave de seu sucesso futuro”, o autor alerta que muitas das habilidades e competências necessárias para se usufruir desta vantagem competitiva ainda não foram desenvolvidas pelas organizações e profissionais de logística. Para Ballou (2006a) faltam métricas, processos e sistemas capazes de identificar, medir e compartilhar os benefícios potenciais da colaboração entre as organizações.

Os diferentes quadros teóricos encontrados na literatura sobre o estudo de relacionamentos nas cadeias de suprimentos têm como foco principal de pesquisa a descrição da natureza dos relacionamentos e pouco se interessam em investigar o impacto destes arranjos relacionais sobre o desempenho das cadeias de suprimentos (Fynes, Voss e Burca, 2005).

Vaart e Donk (2008) corroboram para esta visão, em seu trabalho, os autores realizaram uma extensa revisão bibliográfica sobre o tema integração e desempenho na cadeia de suprimentos, uma de suas conclusões é a existência de uma lacuna na literatura sobre estudos que expliquem a

relação entre desempenho e relacionamentos coordenados baseados em cooperação ou sem cooperação.

Em geral estes diferentes quadros teóricos encontrados na literatura descrevem a natureza dos relacionamentos como baseados em poder e/ou confiança (Benton e Maloni, 2005; Fynes, Voss e Burca, 2005; Kwon e Suh, 2005; Ireland e Webb, 2007; Williams e Moore, 2007).

Na verdade todas estas discussões têm como pano de fundo uma visão econômica clássica (Balestrin e Verschoore, 2008) baseada em três perspectivas dominantes: da estrutura da indústria (Porter, 2004), baseada em recursos (Barney, 1991) e dos custos de transação (Williamson, 1975).

Mintzberg, Ahlstrand e Lampel (2000), Balestrin e Verschoore (2008) afirmam que estas três perspectivas apresentam lacunas e inadequações que não permitem a correta representação das estruturas e arranjos relacionais correntes, sendo necessária, portanto sua revisão.

Lima (2007) propõe que é necessário analisar a combinação de três diferentes dimensões ou forças nos arranjos relacionais das cadeias de suprimentos: poder, dinheiro e confiança. Para o autor esses fatores seriam os responsáveis pela descrição da natureza dos relacionamentos na cadeia de suprimentos. A Figura 1 apresenta o modelo MPT (Money, Power e Trust) proposto por Lima (2007) que exemplifica o posicionamento de algumas cadeias de suprimentos em torno da combinação destas três forças.

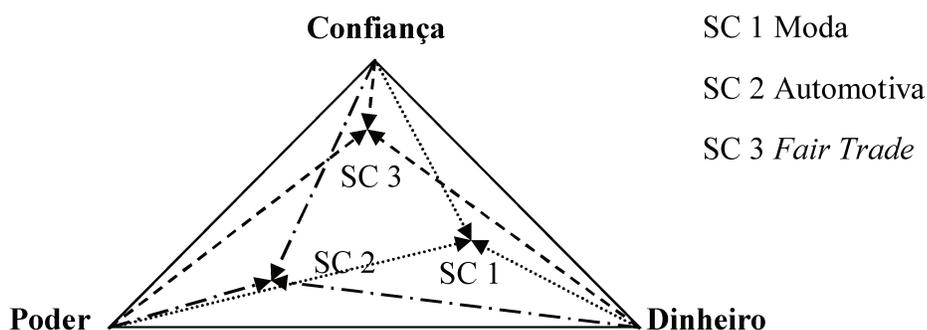


Figura 1 – Modelo MPT. Fonte: (Lima, 2007)

A análise dos diferentes arranjos relacionais (competitivos, colaborativos e cooperativos) e seu impacto sobre o desempenho das cadeias de suprimentos explorando as três forças propostas por Lima (2007) apresenta-se como uma boa oportunidade de pesquisa, pouco explorada principalmente no que se refere a uma visão integrada destes elementos sobre os processos, estruturas e estratégias das cadeias de suprimentos considerado relacionamentos competitivos, cooperativos e colaborativos. A Figura 2 apresenta os elementos de análise dos relacionamentos, determinados através da revisão bibliográfica inicial.

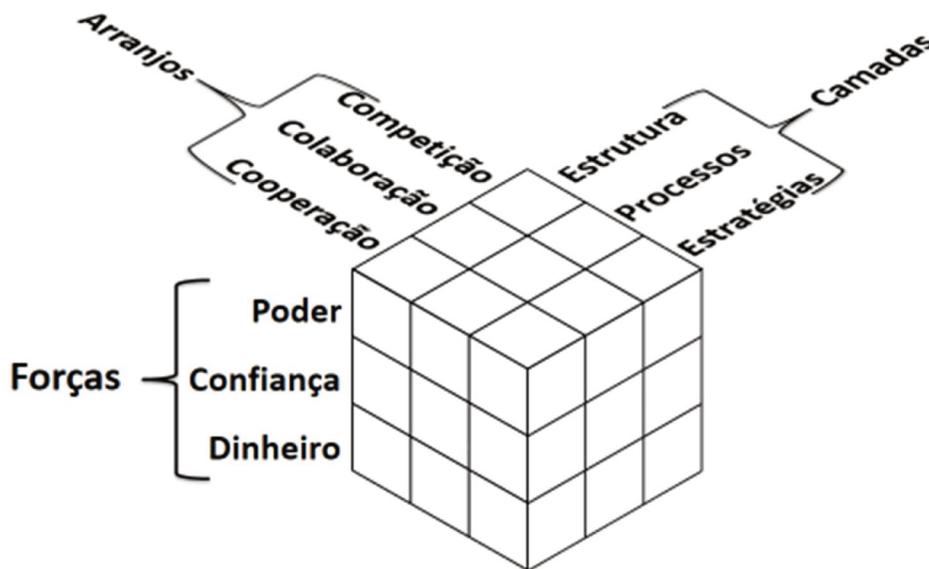


Figura 2 – Cubo de Elementos de Análise dos Relacionamentos

1.2. OBJETIVOS

O objetivo principal desta pesquisa é desenvolver um modelo conceitual e computacional que permita avaliar o desempenho das cadeias de suprimentos em função dos diferentes tipos de arranjos relacionais que podem ser estabelecidos entre empresas.

Para avaliar a dinâmica dos relacionamentos entre empresas e seu impacto sobre o desempenho das cadeias de suprimentos, o estudo irá abranger tanto os elementos que caracterizam um arranjo relacional, quanto as variáveis que explicam o seu desempenho. Assim, a questão geral que a tese se propõe a responder é:

Como os diferentes arranjos relacionais impactam o desempenho das cadeias de suprimentos?

A questão geral formulada pode ser desmembrada em três questões específicas:

- 1. Quais são os tipos de arranjos relacionais que podem ser estabelecidos em uma cadeia de suprimentos e suas principais características?*
- 2. As políticas e estratégias adotadas pelas empresas influenciam a dinâmica destes relacionamentos e impactam no desempenho da cadeia de suprimentos?*
- 3. Quais são as variáveis dos relacionamentos que explicam o desempenho de uma cadeia de suprimentos?*

As questões específicas apresentadas conduzem aos objetivos específicos da tese:

- 1. Identificar e caracterizar os diferentes arranjos relacionais existentes na cadeia de suprimentos através de seus principais elementos e variáveis.*
- 2. Desenvolver um modelo conceitual que permita explicar a natureza dos relacionamentos.*
- 3. Desenvolver um modelo computacional que permita avaliar o impacto de diferentes políticas e estratégias sobre o desempenho da cadeia de suprimentos.*
- 4. Aplicar os modelos desenvolvido a uma situação prática em logística e transportes.*

1.3. MÉTODO DE PESQUISA

Para investigar os impactos dos diferentes arranjos relacionais sobre o desempenho das cadeias de suprimentos, optou-se por uma estratégia de pesquisa composta por estudos exploratórios e experimentação através de modelagem computacional.

De acordo com Yin (2005) três lógicas distintas conduzem o pesquisador a optar por estratégias de pesquisa multimétodos:

- 1. Quando se deseja obter evidências convergentes, nesta situação empregam-se métodos de pesquisa diferentes, mas que compartilham as mesmas questões iniciais, conduzindo as análises e resultados independentes. Assim, determina-se o resultado da pesquisa através da análise comparativa dos resultados obtidos pelos diferentes métodos.*

2. *Quando se deseja detalhar um processo ou fenômeno*, neste cenário de complementariedade, as questões de um método de pesquisa são formuladas, apenas, após a aplicação de outro método de pesquisa, portanto, o desenvolvimento e orientação da pesquisa são dependentes do progresso e resultados do primeiro método aplicado.

3. *Quando se deseja elucidar um processo subjacente de forma a definir sua frequência ou predominância*, neste outro cenário de complementariedade, as questões de pesquisa de um método estão intimamente coordenadas com as de outros métodos, assim as investigações podem ocorrer de forma simultânea ou sequencial, porém as análises devem ser conduzidas de forma independente até a análise final, onde se permite fundir os resultados obtidos pelos diferentes métodos.

Nesta pesquisa foi adotada uma estratégia multimétodos dentro de uma lógica complementar, com o desenvolvimento da modelagem computacional ocorrendo de forma sequencial aos estudos exploratórios. As etapas de desenvolvimento desta pesquisa são ilustradas na Figura 3 e descritas na sequência.

A revisão bibliográfica inicial tem como objetivo identificar a existência ou não, de trabalhos que abordem o tema da pesquisa. Através da análise dos seus resultados é possível identificar as linhas de pesquisa existentes e oportunidades de pesquisa, e assim delimitar o problema de pesquisa.

Uma vez delimitado o problema de pesquisa, é possível definir o objetivo do trabalho, para facilitar o desenvolvimento da pesquisa, o objetivo será desmembrado em objetivos específicos, ao se atingir estes objetivos ao final da pesquisa, busca-se responder as questões propostas no problema de pesquisa.

Esta etapa inicial da pesquisa possui um caráter interativo, onde as fases expostas acima podem ser repetidas até o correto delineamento do problema de pesquisa e os objetivos a ser atingidos.

A segunda etapa da pesquisa é o desenvolvimento do referencial teórico. Os subsídios teóricos encontrados através da revisão da literatura são organizados e analisados, busca-se identificar os arranjos relacionais existentes nas redes logísticas, seus principais elementos e características. Os modelos teóricos também são analisados nesta etapa, procura-se determinar sua abrangência e limitações.

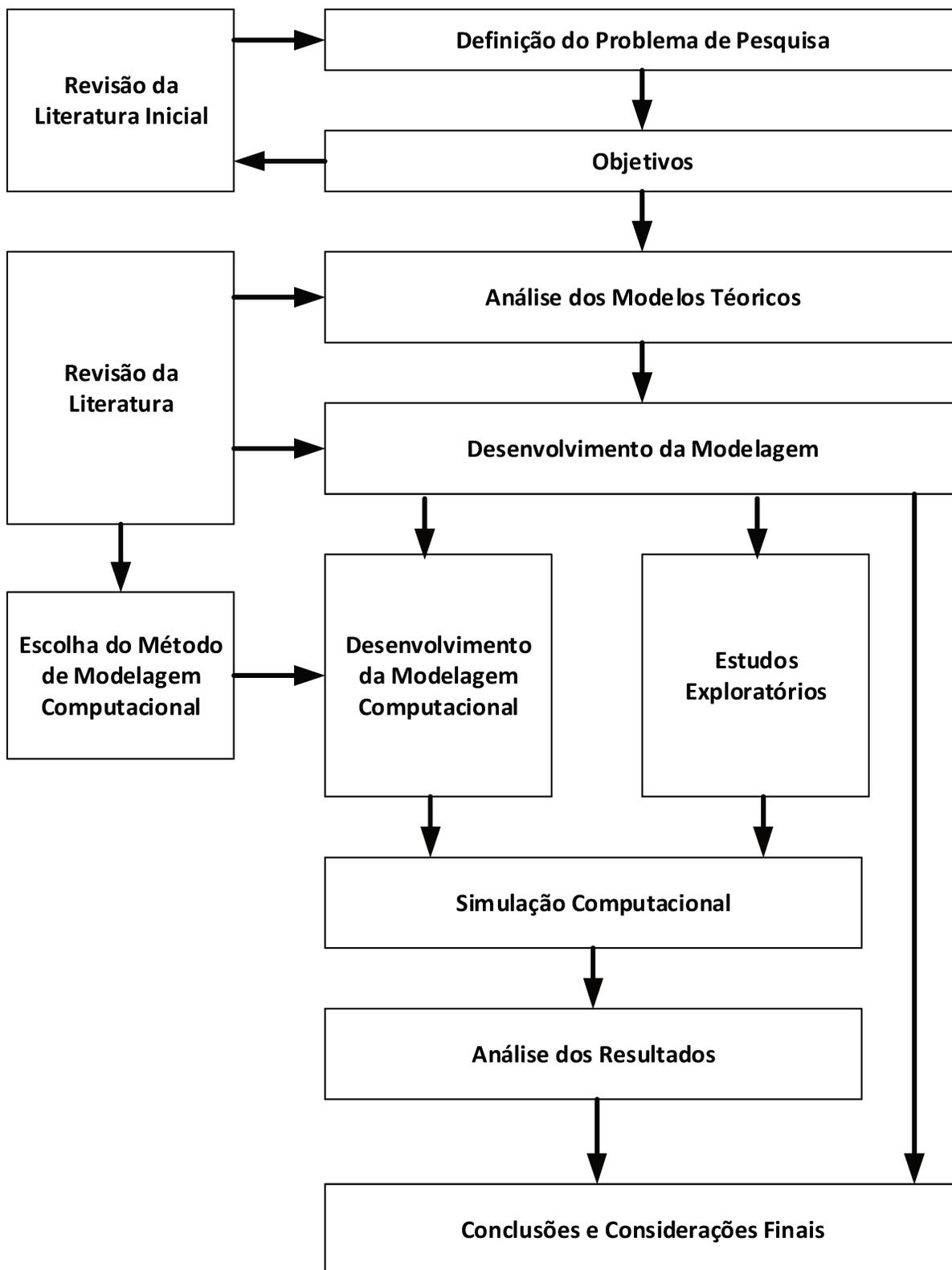


Figura 3- Etapas de Desenvolvimento da Pesquisa

Outro importante aspecto para o desenvolvimento do trabalho são os dados qualitativos oriundos dos estudos exploratórios, sua função é complementar e validar as informações obtidas através da revisão da literatura.

A terceira etapa da pesquisa é o desenvolvimento do modelo computacional, esta etapa da pesquisa é iniciada com a escolha do método de modelagem computacional, para subsidiar esta escolha foi desenvolvida uma análise comparativa entre os diferentes paradigmas de simulação existentes, onde são apontadas as vantagens e desvantagens de cada método.

Uma vez definido o método de modelagem computacional, inicia-se o processo de desenvolvimento do modelo, o que consiste na codificação do modelo conceitual desenvolvido na etapa anterior em uma linguagem computacional. Nesta fase, além dos dados qualitativos, são coletados dados quantitativos extraídos dos estudos exploratórios realizados. Com o modelo codificado, são realizados experimentos, onde parâmetros do modelo são alterados, de forma a criar diferentes cenários que permitem ao pesquisador obter uma maior compreensão do sistema modelado. Ao final desta etapa é realizada uma análise dos resultados obtidos, caso seja necessário o processo de desenvolvimento e melhoria do modelo pode ser reiniciado.

Na quarta e última etapa da pesquisa, são expostas as conclusões obtidas, e descritos os principais resultados do trabalho, é nesta etapa que são respondidas as questões de pesquisa propostas na primeira etapa do trabalho. Também, ao final desta etapa são apresentadas oportunidades de trabalhos futuros.

1.4. CONTRIBUIÇÕES

Os subsídios teóricos e práticos encontrados neste trabalho permitem uma maior compreensão dos fenômenos que governam a construção e manutenção das redes logísticas. Os métodos de pesquisa empregados colaboraram para o desenvolvimento de uma visão sistêmica do processo, que aborda o fenômeno tanto através de uma visão tradicional (*top-down*) quanto moderna (*bottom-up*).

Neste sentido, algumas das contribuições deste trabalho são: a identificação dos diversos fatores que influenciam o desenvolvimento e a manutenção das redes logísticas; os modelos teóricos e conceituais já desenvolvidos e suas limitações. Estes subsídios teóricos permitiram o desenvolvimento de um novo modelo conceitual e computacional para o estudo do desempenho

de redes logísticas com foco nos relacionamentos entre empresas.

Os problemas logísticos podem ser classificados como complexos, uma vez que envolve um grande número de variáveis que possuem relações de interação e retroação, tornando-os problemas típicos onde uma abordagem de modelagem computacional pode ser adotada para estudar o problema (Stermán, 2000).

A modelagem computacional é um método de pesquisa e solução de problemas bem difundido em diversas áreas, como, por exemplo, administração, engenharia, biologia, física e matemática, e também nas ciências sociais. Primordialmente o método de modelagem computacional tem sido empregado para avaliação de mudanças propostas a um sistema existente ou na concepção de um novo sistema (North e Macal, 2007).

Nas áreas de logística e transporte, os métodos de modelagem e simulação computacional tem sido empregado com grande sucesso nos últimos vinte anos em estudos de natureza tanto operacional como tática e estratégica (Harrel *et al.*, 2002).

A difusão do uso da modelagem computacional como instrumento de pesquisa e solução de problemas se credita principalmente aos avanços tecnológicos, que tem ampliado a capacidade dos computadores de manipular grandes volumes de dados, e executar cálculos e operações lógicas de forma mais rápida e eficiente do que se a produzida pelo homem a um menor custo.

Outro importante fator de difusão reside na facilidade de desenvolvimento e aplicação dos modelos, algumas técnicas de modelagem computacional possuem ferramentas com interface amigável, ampla literatura de apoio e suporte ao usuário, o que tem reduzido a curva de aprendizagem necessária para o emprego da modelagem.

Como o método de modelagem baseada em agentes ainda possui poucos exemplos de aplicação no Brasil, a maioria dos usuários encontra-se no meio acadêmico, o processo de desenvolvimento dos modelos costuma variar em função da área de pesquisa e da ferramenta adotada, uma das contribuições deste trabalho é apresentar um procedimento geral para a modelagem baseada em agentes.

Outra contribuição deste trabalho é discutir as vantagens e desvantagens do método de modelagem baseada em agentes quando comparado a outras técnicas de modelagem apontando quando e qual método empregar em função das características do problema abordado.

Finalmente, os modelos computacionais desenvolvidos, apesar de simples, representam uma importante contribuição, uma vez que permitem simular a dinâmica das relações entre empresas e

avaliar o desempenho de redes logísticas frente a diferentes estratégias e políticas de relacionamentos. Estas saídas não são úteis apenas para o meio acadêmico, podem ser utilizadas principalmente por gestores de empresas para avaliar os impactos de suas decisões e políticas sobre o desempenho da rede logística, porém em um ambiente controlado e livre de risco.

1.5. LIMITAÇÕES

Considerando o objetivo e escopo desta pesquisa, estão estabelecidas as seguintes limitações.

O tema gestão de relacionamentos entre empresas é abrangente, nos últimos anos diversas pesquisas foram produzidas utilizando diferentes abordagens teóricas e metodológicas. Para este trabalho foi realizada uma extensa revisão bibliográfica, que identificou as principais linhas de pesquisa sobre o tema, porém apesar de ampla, esta revisão não teve a pretensão de exaurir todos os trabalhos desenvolvidos sobre o tema. Porém, as diretrizes estabelecidas para o desenvolvimento do modelo conceitual proposto, permitem que o mesmo seja revisto e ampliado em função da evolução das pesquisas acadêmicas ou do processo natural de evolução dos arranjos relacionais entre empresas.

Os modelos computacionais desenvolvidos representam outra limitação do trabalho, sua validade é restrita aos problemas descritos e abordados nesta pesquisa, e, portanto, não devem ser utilizados para representar sistemas correlatos sem que sejam realizadas as adaptações necessárias. De forma análoga, não se recomenda a extrapolação indiscriminada dos resultados obtidos através da simulação computacional, uma vez que sua validade está restrita e condicionada aos parâmetros e variáveis adotados no desenvolvimento deste trabalho.

Porém, ressalta-se que os modelos desenvolvidos podem ser utilizados e adaptados em pesquisas futuras para o estudo de outros sistemas logísticos, ou mesmo, para efeito de análises comparativas em trabalhos que abordem os mesmos problemas, mas que adotem outros métodos de pesquisa.

1.6. ESTRUTURA DA TESE

Esta tese está estruturada em seis capítulos. O primeiro capítulo é introdutório e tem por objetivo apresentar ao leitor às motivações e objetivos da pesquisa, o método de desenvolvimento, as contribuições acadêmicas e para a sociedade, bem como as limitações da pesquisa.

O segundo capítulo apresenta o referencial teórico, a organização deste capítulo expõem uma discussão sobre as diferentes linhas de pesquisa que abordam o tema da tese. Ao final do capítulo são apresentadas as considerações finais e um modelo conceitual explicativo dos elementos que governam os relacionamentos entre empresas na cadeia de suprimentos.

No terceiro capítulo, serão abordados os métodos de modelagem computacional, explicitados os critérios de escolha do método a ser empregado no desenvolvimento do trabalho.

No quarto capítulo, serão descritos as principais etapas de desenvolvimento do modelo computacional, apresentados exemplos de aplicação.

O quinto capítulo apresenta uma aplicação do modelo computacional desenvolvido e a discussão dos resultados obtidos.

O sexto capítulo, apresenta as conclusões e as considerações finais da pesquisa, além de discutir oportunidades de pesquisa futura.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O objetivo deste capítulo é apresentar o referencial teórico que servirá de base para o desenvolvimento desta pesquisa. Corrêa (2010) argumenta que os relacionamentos estabelecidos entre os atores na cadeia de suprimentos são tão importantes quanto os fluxos de produtos, informações e finanças. Uma vez que estes relacionamentos implicam em aspectos objetivos como contratos e acordos de nível de serviço que regulam aspectos mais subjetivos, mas não menos importantes como, os níveis de confiança entre os parceiros.

Assim, este capítulo aborda o processo de evolução da cadeias de suprimentos e sua correlação com os diferentes tipos de relacionamentos existentes entre empresas. As principais teorias que discutem o tema são apresentadas, assim como os modelos que caracterizam e classificam os relacionamentos na cadeia de suprimentos. Com base nestas teorias e modelos são discutidas as diferentes forças que moldam os relacionamentos na cadeia de suprimentos. Na parte final do capítulo são apresentadas e discutidas as diferentes abordagens ao problema encontradas na literatura.

2.1. EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE SUPPLY CHAIN

Na literatura diversos são os trabalhos que discutem a definição do termo cadeia de suprimentos, Mentzer, Dewitt, Tadajewski *et al.* (2001) baseados em inúmeras definições encontradas entendem cadeias de suprimentos como “um conjunto de três ou mais entidades (organizações ou indivíduos) diretamente envolvidos no fluxo *upstream* e *downstream* de produtos, serviços, crédito, e/ou informação da fonte até o consumidor final”.

Hoppe (2001) afirma que o termo rede de suprimentos é mais preciso que o termo cadeia de suprimentos, uma vez que um número crescente de informações e fluxos de materiais circula entre os diversos agentes de forma não linear e sequencial. Christopher (2007) apresenta uma visão semelhante e fornece uma definição de redes de suprimentos:

“Uma rede de organizações conectadas e interdependentes, trabalhando conjuntamente, em regime de cooperação mútua, para controlar, gerenciar e aperfeiçoar o fluxo de matérias-primas e informação dos fornecedores e para os clientes finais.”

Mais importante que a definição do termo é análise da evolução do conceito de cadeia de suprimentos e sua correlação com os diferentes tipos de relacionamento entre as empresas.

O termo cadeia de suprimentos surgiu no início da década de 80 e representa uma evolução do conceito de distribuição física, uma vez que é caracterizado pela integração sistêmica dos diferentes aspectos da logística de entrada de insumos e saída de produtos como: a gestão de transportes, armazéns, embalagens. Aspectos estes anteriormente tratados de forma isolada.

Christopher (2007) argumenta que embora recente, o conceito de gerenciamento da cadeia de suprimentos é na verdade uma extensão do conceito de logística, Novaes (2007) corrobora para esse pensamento, para o autor enquanto o gerenciamento logístico preocupa-se fundamentalmente com os problemas logísticos dentro do domínio de uma única organização, o gerenciamento da cadeia de suprimentos objetiva a integração e coordenação estratégica de todos os participantes da cadeia, o que representa uma evolução das práticas logísticas tradicionais.

Novaes (2007) divide o processo de evolução da logística em quatro fases:

- *Primeira Fase - Atuação Segmentada:* esta fase é caracterizada pela atuação independente das empresas que participam da cadeia de suprimentos. O planejamento das atividades é individual como foco no maior aproveitamento possível das capacidades de produção, armazenagem e transporte, como resultado são obtidos subsistemas otimizados que quando considerados juntos não representam um ótimo global, este resultado pode ser exemplificado, quando são considerados os níveis de estoque e custo na cadeia de suprimentos. Outro importante aspecto desta fase é a ausência de modernos sistemas de comunicação e informação entre as empresas.
- *Segunda Fase - Integração Rígida:* esta fase é caracterizada pela busca inicial de racionalização integrada da cadeia de suprimentos. Os elementos principais de racionalização adotados são a otimização das atividades e o planejamento principalmente da produção, que é expandida além dos limites da empresa incorporando clientes e fornecedores, porém esta integração é rígida, uma vez que não permite a correção dinâmica do planejamento ao longo do tempo. Aspectos importantes desta fase são o emprego combinado de modais de transporte, extensão do processo de planejamento além das fronteiras da empresa através de sistemas de programação da produção como o MRP e MRP II, o que conduz a subsistemas otimizados dois a dois.
- *Terceira Fase - Integração Flexível:* esta fase é caracterizada pela integração dinâmica e flexível entre os agentes da cadeia de suprimentos tanto dentro da empresa como externamente em suas inter-relações com fornecedores e clientes, porém esta integração ainda se dá aos pares.

A integração dinâmica e flexível é possibilitada pelo uso intensivo de sistemas de comunicação e informação que permite agilidade na execução dos processos logísticos tanto operacionais quanto de tomada de decisão. Também são aspectos importantes desta fase o aumento da preocupação com o nível de satisfação dos clientes, e a busca por estoque zero.

- *Quarta Fase - Integração Estratégica:* esta fase é caracterizada por uma maior integração entre os vários agentes da cadeia de suprimentos, se nas outras fases as fronteiras de atuação dos agentes estavam bem delimitadas, nesta quarta fase essa separação não é mais nítida, ocorrendo uma interpenetração de operações entre os diversos agentes. São características fundamentais desta fase: o intenso intercâmbio de informações; a ênfase absoluta na satisfação plena do consumidor final; a formação de parcerias entre fornecedores e clientes; o compartilhamento pleno de informações operacionais e estratégicas entre os parceiros; busca sistemática e continuada pela eliminação de desperdícios, redução de custos e aumento de eficiência visando agregar o máximo valor ao consumidor final. Assim, essa fase se distingue das anteriores pelo surgimento de uma nova abordagem aos problemas logísticos, o gerenciamento da cadeia de suprimentos.

Ao se analisar a evolução da logística proposta por Novaes (2007) podem ser identificadas nas quatro fases descritas diferentes atributos e estágios de relacionamento entre os diferentes agentes participantes da cadeia de suprimentos.

A primeira fase de atuação segmentada é marcada por relacionamentos de mercado baseados em preço e custo, com débil nível de troca de informações entre os agentes da cadeia de suprimentos. Na segunda e terceira fase os relacionamentos entre as empresas são dinamizados principalmente graças ao desenvolvimento dos sistemas de tecnologia e informação, e a adoção de práticas de planejamento que são estendidas além da fronteira da empresa. Já na quarta fase os relacionamentos ganham dimensão estratégica, alguns agentes da cadeia de suprimentos formam relacionamentos de parceira, que são caracterizados por intenso compartilhamento de informações operacionais e estratégicas entre os parceiros, e o desenvolvimento de ações coordenadas com objetivo de se alcançar um melhor desempenho para todos os participantes.

Emmett e Crocker (2006) analisaram diversos atributos que explicam a evolução da cadeia de suprimentos nas últimas três décadas, sua análise é apresentada no Quadro 1.

Atributos	Cadeias de Suprimentos		
	Funcionais Anos 80	Responsivas Anos 90	Adaptativas Anos 2000
Foco de Integração	Por cima do muro Reativa/ correções rápidas Monopólio dos Fornecedores	Transacional Responsiva Concorrência de fornecedores	Colaboração Decisão/ proativa Redes de empresas
Foco do Cliente	Consumidores podem esperar	Consumidores querem isso logo	Consumidores querem isso agora
Foco da Organização	Departamental e delimitada	Intra-empresa Envolvimento interno	Empresa estendida
Posicionamento do Produto	<i>Make to stock</i>	<i>Assemble to order</i>	<i>Make to order</i>
Abordagem de Gestão	Hierárquica	Comando e controle	Colaborativa
Foco de Tecnologia	Solução pontual	ERP	Conectado a web
Foco de tempo para os negócios	Semanas a meses	Dias a semanas	Tempo real
Foco de Desempenho	Custo	Custo e serviço	Receita e lucro
Colaboração	Baixa	Média	Alto Nível
Tempo de Resposta	Estático	Médio	Dinâmico

Quadro 1 - História da Cadeia de Suprimentos. Fonte: Emmett e Crocker (2006)

A partir do quadro é possível perceber que ocorreu um aumento da importância dos relacionamentos intra-empresas com ênfase na colaboração.

Novaes (2007) enfatiza que ainda hoje é possível encontrar na prática empresarial as quatro fases apresentadas, ou seja, empresas atuando em processos logísticos isolados, que não podem ser caracterizados como uma estrutura de gerenciamento da cadeia de suprimentos.

A gestão das cadeias de suprimentos pode ser definida como um conjunto de abordagens utilizadas para integrar eficientemente todos os agentes ou elementos da rede garantindo que

produtos e serviços sejam produzidos e entregues nas condições, quantidades e tempo correto minimizando os custos globais e atendendo aos níveis de serviço desejados (Simchi-Levi, Kaminsky e Simchi-Levi, 2003), essa integração de atividades e agentes tem como objetivo alcançar uma vantagem competitiva sustentável (Mentzer *et al.*, 2001; Simchi-Levi, Kaminsky e Simchi-Levi, 2003; Ballou, 2006b; Bowersox, Closs e Cooper, 2006). As cadeias de suprimentos podem ser entendidas como uma ferramenta de gestão estratégica e coordenação tática das tradicionais funções empresariais e logísticas, cujo objetivo é melhorar o desempenho de longo prazo das empresas participantes como um todo.

2.2. RELACIONAMENTOS ENTRE EMPRESAS

De acordo com Anderson e Narus (1990) um relacionamento de negócios é “um processo onde duas organizações formam fortes e extensos laços sociais, econômicos, técnicos e de serviços ao longo do tempo com a intenção de reduzir os custos totais e/ou aumentar o valor, conseguindo assim benefício mútuo”.

Várias teorias tem sido empregadas para investigar a natureza dos relacionamentos das quais destacam-se: a teoria econômica dos custos de transação; a visão baseada em recursos; a visão estratégica de posicionamento; a teoria das trocas sociais; e mais recentemente as abordagens de redes. Na sequência são discutidos os principais elementos destas teorias.

2.2.1. Visão Estratégica de Posicionamento

“A essência da formulação de uma estratégia competitiva é relacionar uma empresa ao seu meio ambiente” (Porter, 1998). Na visão do autor o aspecto fundamental do meio ambiente da empresa é a indústria ou as indústrias em que ela compete, considerando a definição de indústria como “o grupo de empresas fabricantes de produtos ou serviços que são substitutos bem aproximados entre si”.

O grau de concorrência em uma indústria depende de cinco forças competitivas básicas: a rivalidade entre empresas existentes, a ameaça de novos entrantes, a ameaça de produtos ou serviços substitutos, o poder de negociação dos compradores, e o poder de negociação dos fornecedores (Porter, 1998).

O objetivo da estratégia competitiva para uma empresa em uma indústria é encontrar uma posição dentro dela que permita a empresa se defender contra as cinco forças competitivas ou influenciá-las em seu favor.

As cinco forças refletem um conceito mais amplo de concorrência - a rivalidade ampliada – uma vez que se estabelece que a concorrência em uma indústria não está limitada aos participantes estabelecidos, podendo em função das circunstâncias serem classificados como concorrentes: clientes, fornecedores, substitutos e entrantes potenciais. A Figura 4 apresenta as cinco forças competitivas básicas e que são descritas na sequência.

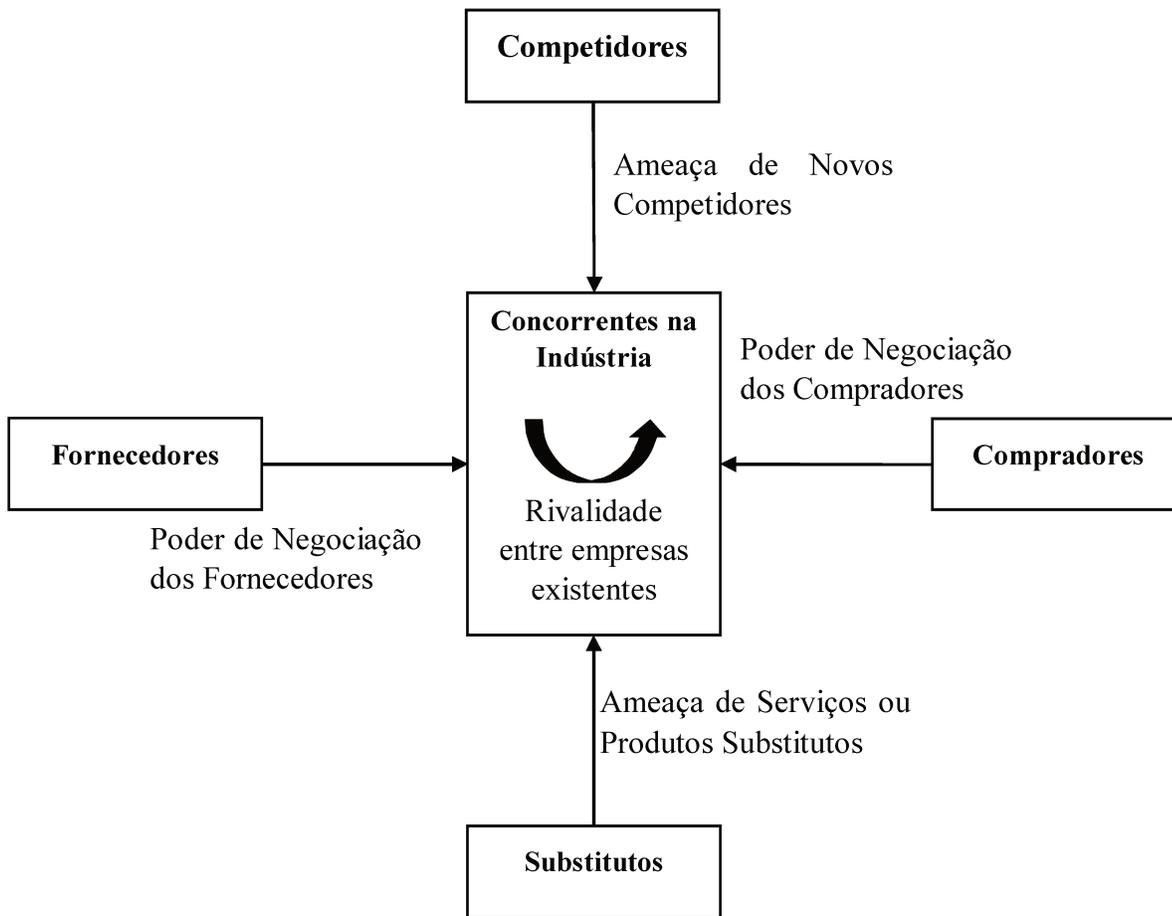


Figura 4 – Modelo de cinco forças. Porter, 1998.

- *Ameaça de Novos Competidores:* novas empresas que entram para uma indústria buscam ganhar uma parcela do mercado, como resultado deste movimento preços podem cair e os custos ser inflacionados, reduzindo assim a rentabilidade das empresas. Para que uma empresa tenha acesso a uma indústria é necessário que esta supere barreiras de entrada e a reação dos concorrentes já existentes. Barreiras altas reduzem a ameaça de novos entrantes e refletem um ambiente mais estável de concorrência. Barreiras baixas conduzem a ambientes competitivos e

turbulentos. Porter (1998) identifica seis fontes principais de barreiras de entrada: (1) economias de escala; (2) diferenciação do produto; (3) necessidades de capital; (4) custos de mudança; (5) acesso aos canais de distribuição; (6) política governamental.

- *Poder de Negociação dos Clientes:* os clientes competem em uma indústria forçando a redução dos preços, barganhando por melhor qualidade dos produtos ou serviços, e acirrando a concorrência entre as empresas, estes movimentos reduzem a rentabilidade da indústria (Porter, 1998). O poder dos clientes depende de sua situação no mercado e da importância relativa de suas compras, assim, explica Porter (1998), um cliente detém poder de barganha quando: concentra ou adquire volumes significativos das vendas de uma empresa; os produtos adquiridos representam parte significativa de seus custos e compras; os produtos que adquire são padronizados ou não diferenciados; os produtos da indústria não são importantes para a qualidade dos seus produtos e serviços; enfrenta poucos custos de mudança; obtém lucros baixos; possui total informação sobre o mercado (demanda, preços e custos dos fornecedores).

- *Poder de Negociação dos Fornecedores:* Os fornecedores exercem poder de negociação sobre os participantes de uma indústria ameaçando a elevação de preços ou a redução de qualidade dos bens e serviços (Porter, 1998). As condições que tornam os fornecedores poderosos refletem aquelas explicitadas para o poder dos clientes, Porter (1998) aponta seis fontes de poder dos fornecedores: indústrias concentradas e dominadas por poucas empresas; indústria com baixa concorrência de produtos substitutos; a indústria como um segmento não importante para o fornecedor; o produto dos fornecedores é um insumo importante para o negócio do comprador; o produto do fornecedor é diferenciado ou possui alto custo de mudança; o fornecedor é uma ameaça concreta a integração a jusante na cadeia.

- *Ameaça de Serviços e Produtos Substitutos:* De acordo com Porter (1998), em termos amplos todas as empresas em uma indústria competem com outras indústrias que produzem produtos substitutos, estes produtos reduzem os retornos potenciais de uma indústria limitando os preços que podem ser praticados e conseqüentemente os lucros que podem ser obtidos, esta pressão será maior à medida que a relação preço-desempenho destes produtos seja mais atrativa.

- *Intensidade da Rivalidade entre Empresas:* A rivalidade é consequência da interação de vários fatores estruturais (Porter, 1998), os movimentos competitivos de uma empresa na busca por uma melhor posição tem efeito sobre os seus concorrentes, que podem iniciar esforços para conter estes movimentos, de acordo com o autor este padrão de ação e reação podem conduzir as

empresas da indústria a uma situação pior que a inicial. Os fatores estruturais apresentados por Porter (1998) tem ampla relação com as outras forças competitivas apresentadas, sendo eles: a quantidade e o equilíbrio de concorrentes na indústria; o crescimento lento da indústria; os custos fixos e de armazenagem elevados; ausência de diferenciação ou custos de mudança; capacidade aumentada em grandes incrementos; concorrentes divergentes; grandes interesses estratégicos; elevadas barreiras de saída.

Segundo Mintzberg, Ahlstrand e Lampel (2000) as características únicas destas forças explicam os motivos pelo quais empresas adotam uma determinada estratégia, por exemplo, em mercados onde o poder de barganha é muito alto, uma empresa pode adotar a estratégia de integração vertical a montante.

Porter (1998) afirma que existem dois tipos básicos de vantagem competitiva que uma empresa pode possuir: baixo custo e/ou diferenciação. A combinação destas vantagens competitivas com o escopo de uma empresa produzem três estratégias genéricas: liderança em custo; diferenciação; e foco. O autor destaca que as empresas devem escolher uma destas estratégias para alcançar um desempenho acima da média em uma indústria, empresas que se engajam em duas estratégias genéricas assumem o risco de não realizar nenhuma delas e assim não alcançar uma vantagem competitiva. As três estratégias genéricas propostas podem ser observadas no Quadro 2 e são descritas a seguir.

VANTAGEM COMPETITIVA

		<i>Custo Mais Baixo</i>	<i>Diferenciação</i>
ESCOPO	<i>Alvo Amplo</i>	1. Liderança em Custo	2. Diferenciação
	<i>Alvo Estreito</i>	3A. Enfoque em Custo	3B. Enfoque em Diferenciação
COMPETITIVO			

Quadro 2 – Estratégias Genéricas de Porter. Porter, 1998.

1. *Liderança em Custo*: o objetivo desta estratégia é ser o produtor de baixo custo da indústria. Para atingir este objetivo a empresa pode se valer do ganho de experiência, de investimentos em instalações que lhe permitam obter ganhos de economia de escala e através da monitoração dos custos operacionais observando aspectos de qualidade total e programas de redução de quadros.

2. *Diferenciação*: para realizar esta estratégia uma empresa busca oferecer qualidade,

desempenho superior ou características únicas em seus produtos e serviços, fatores estes que podem justificar a prática de preços mais altos.

3. *Foco*: o objetivo desta estratégia é atender segmentos de mercado delimitados, assim o foco da empresa poder ser determinado por grupos de clientes, linhas de produtos ou mercados geográficos. A estratégia pode ser de foco na diferenciação ou de foco na liderança em custo.

A visão estratégica de posicionamento, da qual Porter é o principal expoente apesar de amplamente aceita não se encontra livre de críticas. Segundo Amato Neto (2009) o modelo de Porter destaca apenas aspectos de infraestrutura do ambiente em que a empresa está inserida, não considerando o relacionamento entre as empresas e a cultura presente.

Mintzberg, Ahlstrand e Lampel (2000) reuniram diversas críticas ao modelo de Porter, as quais convergem para três aspectos principais: a pequena variedade de estratégias genéricas possíveis, quando observada a gama de forças externas possíveis; a noção de escolha de uma estratégia única defendida por Porter, que poderia implicar em inflexibilidade e miopia da organização; e finalmente, o foco estratégico muito concentrado na concorrência pode desviar a atenção da empresa para outros importantes aspectos do negócio, como, atender melhor às necessidades dos clientes, investir em processos de inovação, e buscar sinergia por meio de estratégias coletivas.

2.2.2. Teoria Econômica dos Custos de Transação

Originada pelos trabalhos seminais de Coase (1937) sobre a teoria econômica dos custos de transação que busca compreender porque as firmas existem e produzem bens em vez de adquiri-los de terceiros. A Perspectiva dos Custos de Transação distingui duas formas de governança das atividades econômicas de uma empresa: o mercado (contratação) e a hierarquia (produção interna). Williamson (1975) a partir dos estudos de Coase foi quem pesquisou esses dois modelos alternativos de organização das atividades econômicas.

De acordo com Williamson (1975) uma transação é definida como a transferência de um bem ou serviço entre duas unidades de operação tecnologicamente separadas. Os custos de transação são os custos totais associados a uma transação, executando-se o mínimo preço possível do produto. Os custos de transação podem ser classificados em três tipos básicos:

- *Custo de informação*: as empresas e as pessoas enfrentam custos na busca por informações sobre produtos, serviços, preços, insumos, compradores ou vendedores.
- *Custo de negociação*: estes custos surgem do ato da transação, sendo relacionados

a negociação, elaboração de contratos, ou pagamentos a um intermediário.

- *Custo de monitoramento*: são custos que surgem após a realização do serviço ou entrega do produto, estes custos correspondem as atividade de monitoramento da qualidade do bens de um comprador ou fornecedor para garantir o cumprimento dos termos do pré-acordo.

Williamson (1975) afirma que quatro fatores influenciam os custos de transação:

1. O número de fornecedores potenciais;
2. A especificidade de ativos dedicados à transação;
3. O nível de incerteza em torno da transação.
4. A frequência com a qual as transações são realizadas.

Para Williamson (1975), o meio mais eficiente de produzir determinado bem é delegar a execução ou produção de cada um de seus componentes a empresas especializadas. Os níveis de especialização das diferentes empresas participantes conduziria a curvas decrescentes nos custos de produção, tornando mais vantajoso para empresa compradora adquirir tais componentes a custos menores ao invés de produzi-los internamente.

Assim, uma empresa tomaria uma decisão de internalizar a produção de uma determinado bem quando o custo de produção (CP), mais o custo de transação (CT), fossem superiores ao custo de produção interna (CPI). De forma análoga a empresa tomaria como decisão adquirir no mercado um determinado bem quando o custo de produção (CP), mais o custo de transação (CT), fossem inferiores ao custo de produção interna (CPI).

Os principais elementos que caracterizam e sustentam a teoria dos custos de transação são: a racionalidade limitada dos agentes econômicos e o oportunismo dos agentes econômicos. Estes elementos e sua implicação para a teoria dos custos de transação são apresentados no Quadro 3 e discutidos a seguir.

Williamson (1975) acredita que a racionalidade dos agentes econômicos é limitada. Para o autor, diante das complexidades e incertezas do mundo econômico, e da existência de assimetrias de informação e competência, a capacidade dos agentes de avaliar todas as possíveis alternativas de decisão é fisicamente limitada. Assim, em um processo de transação, os agentes são incapazes de prever e estabelecer medidas corretivas para eventos que possam desviar sua conduta e compromissos acordados.

Segundo Williamson (1975), oportunismo pode ser definido como “a busca do interesse próprio

com malícia, decorre da presença de assimetrias de informação, dando origem a problemas de risco moral e seleção adversa”. Amato Neto (2009) afirma que isto não implica que os agentes irão agir de maneira oportunista o tempo todo, mas sim que os agentes reconhecem que os riscos de oportunismo estão sempre presentes.

Implicações/Hipóteses	Racionalidade Limitada	Oportunismo
Para a teoria contratual	Contratos completos são impossíveis	Contrato é uma promessa ingênua
Para a organização econômica	Trocas são facilitadas por instituições que permitem processos de decisão sequencias e adaptativos	A realização de transações depende da existência de salvaguardas

Quadro 3 – Implicações Organizacionais das hipóteses comportamentais da Teoria dos Custos de Transação. Williamson, 1991.

A assimetria de informações conduz a comportamentos oportuníssimos dos agentes de duas formas: *ex-ante* e *ex-post*. No primeiro caso, este comportamento ocorre no ocultamento ou manipulação de informações antes da negociação, já no segundo caso, a assimetria de informação ocorre pela impossibilidade de se observar o comportamento de todos os agentes, desta forma, um dos agentes envolvidos pode agir de modo oportunista prejudicando a configuração inicial do contrato e gerando conflitos.

De acordo com Pondé, Fagundes e Possas (1997) a presença de racionalidade limitada e oportunismo, geram custos de transação, caso o oportunismo estivesse ausente das condutas dos agentes, estes poderiam ser considerados confiáveis, no sentido de manter a distribuição prevista em contratos mesmo que eventos inesperados surgissem. O mesmo raciocínio se aplica para assimetria de informação, sua existência implica na incapacidade de coletar e processar todas as informações necessárias para elaborar contratos completos, se isto fosse possível os agentes poderiam desenvolver contatos perfeitos.

Para Williamson (1991) as principais implicações das hipótese comportamentais apresentadas são: (i) contratos complexos são necessariamente incompletos; (ii) a confiança entre as partes envolvidas não pode ser estabelecida pela simples existência de um contrato, dado que todo contrato implica em riscos; e (iii) pode ser criar valor através de outras formas organizacionais

que objetivem a racionalidade limitada e salvaguadem os envolvidos do exercício do oportunismo.

Para Pondé, Fagundes e Possas (1997) o significado destas implicações é que “nem sempre relações de mercado serão adequadas para a gestão das transações entre os agentes econômicos”. As principais críticas a teoria econômica dos custos de transação são: (i) simplicidade, associada ao pouco refinamento dos modelos, a dificuldade de mensuração dos *trade-off* e ao elevado grau de liberdade na especificação das propriedades das transações; (ii) instrumentalismo, posto que assume que os agentes comportam-se de modo estratégico, pressupondo a emergência de comportamentos oportunistas, sem dar margem a outras formas de ação, tais como confiança; e (iii) a teoria dos custos de transação é incompleta, sobretudo no que diz respeito as chamadas falhas da burocracia como fonte de custos vis a vis o mercado (Williamson, 1985; Pondé, Fagundes e Possas, 1997).

2.2.3. Visão Baseada em Recursos

Baseada nas ideias de Penrose (1959) sobre os aspectos que conduzem as empresas a diversificarem suas atividades, e assim desenvolvem capacidade e recursos únicos, e no trabalho de Wernerfelt (1982) sobre estratégia da firma, a Visão Baseada em Recursos sugere que as decisões estratégicas de uma empresa não são determinadas pelos mercados e produtos, mas sim pela organização de planos e recursos internos. Esta abordagem com foco na sustentação e no desenvolvimento das capacidades internas difere da ideia proposta por Porter (1998).

A Visão Baseada em Recursos (RBV) destaca que as empresas obtém vantagem competitiva sustentada através da posse e controle de recursos estratégicos internos (tangíveis e intangíveis), que são utilizados para responder às oportunidades do ambiente, enquanto neutralizam as ameaças externas e evitam as fraquezas internas (Barney, 1991). Para o autor, os recursos podem ser classificados como recursos de capital físico (tecnologia, fábrica e equipamentos, localização geográfica, acesso a matérias-primas), recursos de capital humano (treinamento, experiência, critério, inteligência, relacionamentos) e recursos de capital organizacional (sistemas e estruturas formais, bem como relações informais entre grupos).

Barney (1991) sugere que um recurso estratégico tem quatro propriedades fundamentais: valor, raridade, imperfeitamente imitável e difícil substituição.

- Valor, para ser estratégico um recurso precisa ter valor, ter a capacidade de melhorar a

eficiência e a eficácia da organização.

- Raridade, um recurso é estratégico na extensão até a qual é raro e tem alta demanda.
- Imitabilidade, além de valor e raridade um recurso estratégico deve ser difícil de imitar. Tal característica pode provir de aspectos históricos, ambiguidade causal ou complexidade.
- Substitutibilidade, um recurso não será estratégico se a concorrência puder encontrar um substituto.

Olavarrieta e Elinger (1997) sugerem que “a capacidade logística pode ser uma fonte de vantagem competitiva sustentável porque fornece valor ao cliente, porque não está igualmente distribuída entre os concorrentes e porque é complexa o suficiente para evitar a imitação fácil”.

Kretzer e Menezes (2009) afirmam que dentro da perspectiva da RBV podem ser identificadas duas dimensões de vantagens competitivas geradas pelos recursos. A primeira é uma vantagem competitiva posicional, que relaciona os fatores que dificultam a livre expansão ou imitação por outras empresas. A segunda dimensão é a vantagem competitiva sustentável, que diz respeito a empresas reter os recursos que são específicos a ela ou não são facilmente transferíveis.

Apesar do sucesso da VBR no campo de estratégia empresarial, diversas críticas são encontradas na literatura, dentre as quais destacam-se (Mintzberg, Ahlstrand e Lampel, 2000; Kretzer e Menezes, 2009):

- Negligência como a VBR trata o ambiente da indústria, o que pode conduzir a uma visão míope do mercado;
- A ênfase exagerada na especificidade de recursos e estratégias;
- Carência de um modelo completo de princípios econômicos para sustentar alguns dos paradigmas definidos pela teoria, assim diversas conclusões de trabalhos são sustentadas por suposições parciais e implícitas.

2.2.4. Teoria das Trocas Sociais

A Teoria das Trocas Sociais aborda as interações entre indivíduos através de trocas mútuas e contingentes para compreender a formação de padrões para iniciar, manter e encerrar um relacionamento (Mazza, 2007).

Blau (1964) afirma que em um relacionamento uma pessoa pode adotar três posturas em relação à outra: independência - os resultados são baseados inteiramente nos esforços da parte interessada;

dependência – os resultados são baseados inteiramente nos esforços de outra pessoa; e interdependência - os resultados são consequências da combinação dos esforços das partes envolvidas.

Segundo Mazza (2007), a postura de completa independência ou dependência não implica em troca social, pois uma troca requer uma transação bidirecional. “Neste contexto, os resultados de uma interação são compreendidos como os benefícios que alguém obtém em um relacionamento bem como os custos que este incorre” (Mazza, 2007). Portanto, para autora a relação social é o “conjunto de produtos resultantes das ações de ambos os indivíduos, sendo a ação de cada um dependente da ação do outro”

Malinowski (1922) afirma que existem duas formas de classificar as trocas: relacionais e transacionais. As trocas relacionais dizem respeito a vida pessoal do indivíduo sendo construídas com laços sociais que se prolongam através do tempo e do espaço social. As trocas transacionais são puramente comerciais, envolvem negociação e são desvinculadas da vida pessoal.

As trocas sociais geram obrigações que não podem ser precisamente especificadas e/ou precificadas, uma vez que constituem valores imateriais, assim, a natureza do retorno não pode ser negociada, já que os contratos das trocas sociais não são normativos (Mazza, 2007). Portanto, conforme afirma Mauss (2002) não existe meios de garantir o retorno apropriado a um benefício fornecido, sendo necessária que se estabeleça a confiança de que o outro irá retribuir, o que conduz a um processo lento onde inicialmente as transações são pequenas envolvendo baixo risco.

2.2.5. Abordagens de Redes

Balestrin e Verschoore (2008) definem redes de cooperação como:

“Organizações compostas por um grupo de empresas formalmente relacionadas, com objetivos comuns, prazo de existência indeterminado e escopo múltiplo de atuação que têm a capacidade de facilitar a realização de ações conjuntas e a transação de recursos para a consecução de objetivos complementares”.

Balestrin e Verschoore (2008) apresentam um mapa conceitual que explicita as principais dimensões sobre as quais as redes de cooperação estão estruturadas. O mapa conceitual proposto é apresentado na Figura 5, nesse mapa o eixo vertical relaciona a natureza dos elos gerenciais estabelecidos entre os atores da rede e o eixo horizontal representa o grau de formalização

estabelecido nas relações entre os atores.

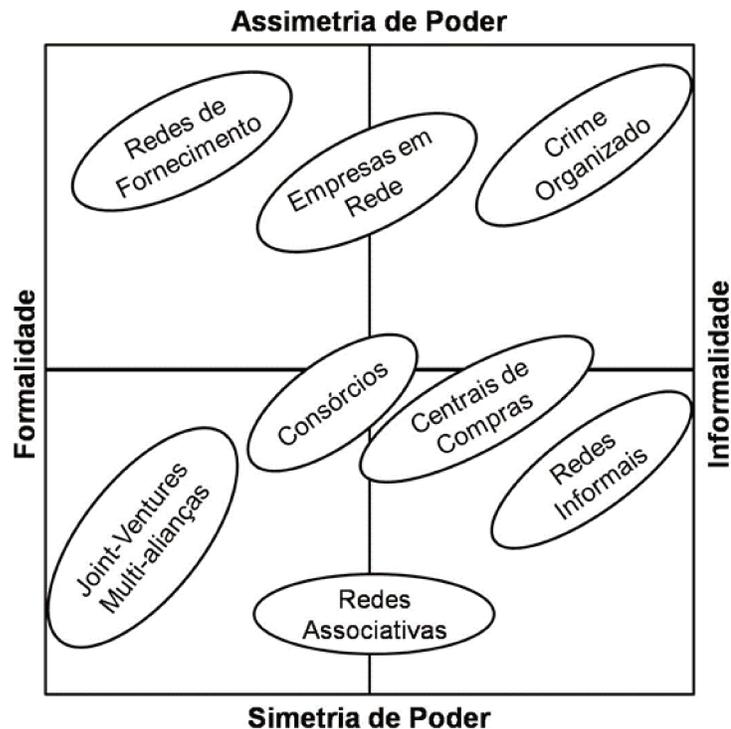


Figura 5 – Mapa conceitual das redes de cooperação. Fonte: Balestrin e Verschoore (2008)

Com base no mapa conceitual de rede de cooperação Balestrin e Verschoore (2008) classificam as redes como:

- *Redes assimétricas: a dimensão da hierarquia.* A característica principal deste tipo de rede é uma clara estrutura hierárquica com poder centralizado. Fazem uso desta configuração grandes conglomerados que utilizam a estratégia de redes verticais para ganhar flexibilidade e competitividade.
- *Redes simétricas: a dimensão da horizontalidade.* A característica principal deste tipo de rede é a maior descentralização do poder, apesar de coordenarem certas atividades em conjunto as empresas mantêm sua independência. Redes horizontais são constituídas para um objetivo específico como, por exemplo, o desenvolvimento de novos produtos, defesa de interesses, acesso à informação e tecnologia, criação de novos mercados, ações de marketing etc. São exemplos de redes horizontais os consórcios de compra, as associações profissionais, alianças tecnológicas para pesquisa e desenvolvimento e as redes horizontais associativas.
- *Redes formais: a dimensão contratual.* Neste tipo de rede a conduta dos agentes é regida

por um conjunto de regras claras e cláusulas explícitas que definem os direitos e deveres (contratos) de cada um dos participantes, nesta configuração a confiança é um fator menos relevante. Exemplos deste tipo de rede são os consórcios de exportação, consórcios de pesquisa e desenvolvimento, as alianças estratégicas e as *joint ventures* de múltiplos parceiros.

- *Redes informais: a dimensão da convivência.* São redes formadas por diferentes atores econômicos (empresas, organizações profissionais, associações, universidades, etc.) que possuem um interesse comum. Através do o intercâmbio de experiências e informações com base na livre participação criam uma cultura associativa e estabelecem uma relação mais frequente e estruturada sem nenhum contrato formal que prescreva regras ou obrigações entre seus participantes, sendo baseadas principalmente na confiança existente entre eles. Um exemplo de rede informal são os grupos de pesquisa acadêmica.

2.3. MODELOS DE CLASSIFICAÇÃO DOS RELACIONAMENTOS

Na literatura diversos autores apresentam classificações para as relações entre empresas na cadeia de suprimentos. Autores como (HARLAND, 1996; LAMBERT, EMMELHAINZ e GARDNER, 1996; HOPPE, 2001; PIRES, 2004) sugerem que os relacionamentos entre empresas variam de relações comerciais ou de mercado puro até a integração vertical. Na sequência alguns dos modelos propostos de classificação são apresentados.

2.3.1. A classificação proposta por Lambert, Emmelhainz e Gardner

Lambert, Emmelhainz e Gardner (1996) propõem uma classificação baseada em seis tipos de relacionamentos que variam em função do grau de formalização e investimentos em ativos. Para os autores existem três tipos de parceria, que se diferenciam em função do grau de formalização do relacionamento e o tempo de duração do relacionamento. A Figura 6 ilustra a classificação proposta pelos autores.

O Primeiro relacionamento identificado pelos autores é o relacionamento mais básico conhecido como mercado puro, também chamando na língua inglesa de *arm's length* (comprimento do braço) em função de suas características: relação meramente comercial, efêmera, sem compromisso adicional e nível de contato muito pequeno entre as partes.

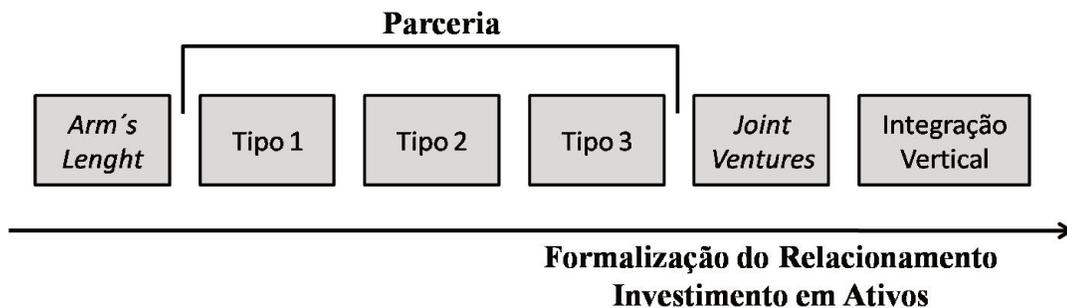


Figura 6 -Tipos de relacionamentos. Fonte: Lambert, Emmelhainz e Gardner (1996)

Os relacionamentos de parceria para os autores seriam de três tipos. O tipo 1 é caracterizado por parcerias de curto prazo e que envolvem somente uma divisão ou área funcional dentro das empresas, assim as empresas envolvidas atuam em parceira dentro de determinados limites. As parceiras do tipo 2 são caracterizadas pelo envolvimento de várias divisões ou áreas funcionais das empresas nas atividades coordenadas mutuamente, além de possuírem uma duração maior. Já as parcerias do tipo 3 são caracterizadas por um significativo nível de integração operacional entre as empresas participantes em todas as suas divisões ou áreas funcionais, sendo também caracterizadas por ter uma longa duração.

Os relacionamentos do tipo *joint ventures* são caracterizados pelo investimento e posse comum de ativos o que normalmente implica na criação de uma terceira empresa. Os relacionamentos do tipo integração vertical representam uma situação extrema de relacionamento, onde uma empresa tem posse de todos os ativos e recursos da cadeia de suprimentos.

2.3.2. A classificação proposta por Pires (2004)

Pires (2004) apresenta uma classificação dos relacionamentos entre empresas baseada no nível de integração dos processos e formalização do relacionamento, esta classificação é composta por sete níveis que estão representados no Quadro 4.

Nível	Relacionamento	Características
1	Comercial (<i>arm's length</i>)	Relações meramente comerciais entre empresas independentes
2	Acordos não contratuais	Acordos informais para alguns objetivos comuns. Ex. cartel
3	Acordos via licença	Cooperação multilateral, via contrato. Ex. <i>franshising</i>
4	Alianças	Empresas independentes com participação mútua no negócio, geralmente de forma a complementar e não necessariamente envolvendo novos investimentos. Ex. alianças de companhias aéreas.
5	Parcerias	Empresas independentes agindo na cadeia de suprimentos como se fossem uma mesma (virtual) unidade de negócio, com grande nível de colaboração, de alinhamento de objetivos, de integração de processos e de informações. Ex. consórcios e condomínios na indústria automobilística.
6	Joint ventures	Participação mútua no negócio, geralmente via uma nova empresa (sociedade formal) e que envolve novos investimentos. Ex. MWM e Cummins formando a Power Train para atender a VW em Resende.
7	Integração vertical	Envolve a incorporação dos processos da SC por parte de uma empresa, geralmente via fusão, aquisição ou crescimento. Nesse caso tem-se uma empresa que é proprietária de todos os ativos e recursos da SC.

Quadro 4 - Níveis de cooperação na cadeia de suprimentos. Fonte: Pires (2004)

2.3.3. A classificação de Bowersox, Closs e Cooper

Bowersox, Closs e Cooper (2006) classificam os relacionamentos com base em dependência reconhecida, para os autores cada forma de envolvimento reflete um diferente grau de compromisso por parte dos participantes. A classificação proposta também oferece uma distinção entre arranjos transacionais e colaborativos. Nos arranjos transacionais existe pouca ou nenhuma dependência entre os participantes, nestes arranjos “as leis e obrigações” que governam a compra e a venda operam como único fundamento para a transferência de propriedade (BOWERSOX, CLOSS e COOPER, 2006). Já nos arranjos colaborativos os participantes reconhecem a dependência e se sentem comprometidos uns com os outros. A Figura 7 ilustra graficamente a classificação proposta.

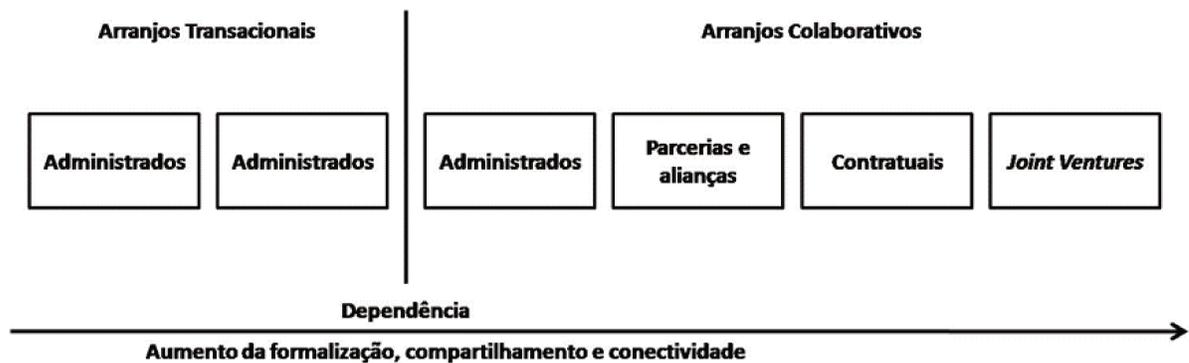


Figura 7 – Classificação dos relacionamentos entre empresas. Bowersox, Closs e Cooper (2006)

2.3.4. A classificação de Emmet e Crocker

Emmet e Crocker (2006) propõem uma classificação dos relacionamentos baseada na base de fornecimento e nos métodos de negociação. O Quadro 5 apresenta a classificação proposta.

Relacionamentos	Base de Fornecimento	Métodos
Arm's Length (Mercado)	Múltiplas fontes	Concorrência e compra <i>spot</i>
Cooperação	Poucos fornecedores	Negociação e fornecedores preferenciais com quadros de acordo
Colaboração	Possível fonte única	Livro aberto
Parceria	Fonte única	Trabalho conjunto para melhoria contínua

Quadro 5 – Tipos de relacionamentos com fornecedores. Fonte: Emmet e Crocker (2006)

2.3.5. A classificação proposta por Rinehart, Lee e Page Jr.

Rinehart, Lee e Page Jr. (2008) propõem uma classificação composta de sete tipos de relacionamentos que variam desde operações não estratégicas até alianças, para isso os autores avaliam o nível de confiança, a frequência de interação e o nível de compromisso entre os agentes. O Quadro 6 apresenta a classificação proposta.

	Confiança	Frequência da interação	Compromisso
Operações não Estratégicas	Baixa	Baixa	Baixo
Relacionamentos Administrados	Baixa	Alta	Baixo
Relacionamentos Contratuais	Média	Média	Médio
Joint ventures	Baixa	Alta	Alto
Relacionamentos Contratuais Especiais	Alta	Baixa	Baixo
Parcerias	Alta	Baixa	Alto
Alianças	Alta	Alta	Alto

Quadro 6 – Tipos de Relacionamentos. Fonte: Rinehart, Lee e Page Jr. (2008)

Para os autores, um relacionamento do tipo operações não estratégicas são caracterizadas por baixos níveis de confiança, compromisso e frequência de interação entre as partes, relacionamentos deste tipo refletem operações meramente comerciais que poderiam ser nomeadas de mercado puro.

Os relacionamentos do tipo administrados são segundo os autores um formato básico de relacionamento, onde as interações entre as empresas envolvidas são mais frequentes, mas os níveis de confiança e compromisso são baixos, uma vez que não existe uma formalização da relação.

Os relacionamentos do tipo contratual são caracterizados por níveis medianos de compromisso, confiança e interação entre as empresas em consequência do processo de formalização do relacionamento através do contrato, porém, os autores destacam o contrato por si só não cria condições e desejo das empresas investirem no relacionamento e elevarem ainda mais os níveis de confiança e compromisso da relação.

Para os autores os relacionamentos do tipo joint ventures são de certa forma similares aos

relacionamentos contratuais no que tange suas dimensões comportamentais. Relacionamentos do tipo *joint venture* são caracterizados por altos níveis de interação e compromisso entre as partes, e baixo nível de confiança. Esta aparente contradição em relação a outras classificações apresentadas é explicada pelos autores em função da característica que diferencia as relações contratuais das de *joint venture*, o nível de investimento realizado pelas empresas no relacionamento, assim a falta de confiança é explicada pelo desbalanceamento de investimentos existente entre as empresas.

Os relacionamentos do tipo parceria são caracterizados por altos níveis de confiança e compromisso entre as empresas, mas possuem baixa frequência de interação quando comparados a outros tipos de relacionamento. Essa baixa frequência, segundo os autores, ocorre porque as parcerias devem ser delimitadas a uma gama pequena de atividades realizadas de forma conjunta pelas empresas.

Por último é apresentado o relacionamento do tipo aliança, caracterizada por altos níveis de confiança, compromisso e frequência de interação entre as empresas. Assim como os relacionamentos do tipo *join venture* as alianças envolvem a realização de altos níveis investimentos por parte das empresas para se alcançar objetivos comuns, porém a grande diferença está no alto nível de confiança existente entre as mesmas que pode ser explicado como um reconhecimento mútuo da importância da outra empresa para o sucesso do negócio.

2.3.6. Considerações sobre as classificações de relacionamentos cliente-fornecedoer

As classificações acima apresentadas tem foco nos relacionamentos do tipo fornecedor-cliente sendo úteis para caracterizar relacionamentos aos pares. Apesar da aparente coesão, estas classificações apresentam diferenças conceituais e terminológicas.

Classificações como as propostas por Lambert, Emmelhainz e Gardner (1996), Pires (2004), Bowersox, Closs e Cooper (2006), e Rinehart, Lee e Page Jr. (2008) constituem uma escala discreta de tipos de relacionamentos ordenada em função do nível de formalização das relações, nível de integração de processos e frequência da interação. Porém, percebe-se que não existe consenso entre os diferentes autores dado que as classificações coincidem apenas no tipo relacionamento localizado no ponto extremo inferior das escalas propostas, o relacionamento de mercado. E parcialmente nos tipos relacionamentos localizados nos pontos superiores das escalas, onde na maioria das classificações estão localizados os relacionamentos do tipo *join venture* e

integração vertical.

Nos pontos intermediários das classificações apresentadas apesar de existirem similaridade dos termos adotados ocorre uma grande variação de posicionamento. Os relacionamentos do tipo contratual, parceria e aliança exemplificam bem esta variação, já que são localizados tanto em posições intermediárias quanto em posições extremas nas escalas apresentadas.

Outra variação frequente é a inversão de posicionamento entre os relacionamentos do tipo parceria e aliança esta variação pode estar relacionada a diferenças terminológicas quanto ao sentido dado a estes termos pelos autores.

2.4. TIPOLOGIAS DE REDES

Outra forma de classificar os arranjos relacionais é através do conceito de redes de cooperação. Uma rede é caracterizada por três elementos distintivos: os nós ou atores individuais; as interconexões entre eles; e a nova unidade que coletivamente conformam.

Olave e Neto (2001) baseados em diversos trabalhos sumarizam diversas tipologias de redes empresarias encontradas na literatura. A síntese desenvolvida pelos autores é apresentada no Quadro 7.

Balestrin e Verschoore (2008) chamam atenção para outros tipos de arranjos, que principalmente no Brasil, são tratados como redes de cooperação:

- *Distrito Industrial*: é uma aglomeração de empresas com elevado grau de especialização e interdependência podendo ser constituído por empresas que atuam em um mesmo segmento (caráter horizontal) ou que desenvolvam atividades complementares em diferentes estágios de uma cadeia produtiva (caráter vertical).
- *Cluster*: é uma aglomeração territorial de empresas com características similares, não contempla necessariamente outras empresas ou instituições de caráter complementar as sua atividade principal como organizações de ensino, pesquisa e desenvolvimento, apoio técnico e financeiro. Algumas concepções possuem ênfase maior no aspecto de concorrência do que cooperação como fator de dinamismo.
- *Cadeia Produtiva*: conjunto de etapas consecutivas pelas quais insumos são transformados e transferidos em ciclos de produção, distribuição e comercialização de bens e serviços. Não restrito a uma mesma região ou localidade.

- *Pólo Tecnológico*: iniciativa conjunta e planejada entre o setor público, setor privado e institutos de pesquisa e ensino com objetivo de fomentar e facilitar o desenvolvimento de produtos, processos e serviços em que a tecnologia seja o insumo principal.

Segundo Balestrin e Verschoore (2008) existem diversas configurações possíveis de rede cooperação dentre as quais três se destacam em função de sua ampla adoção no mundo empresarial: as redes de fornecimento, os consórcios e as redes associativas.

- *Redes de Fornecimento*: é uma configuração de rede cooperativa onde um grupo de empresas subcontratadas é coordenado para execução de atividades complementares de uma empresa líder. A empresa líder determina os fornecedores de primeira linha, estabelece e negocia os processos produtivos com estes e coordena o fluxo de recursos nos fornecedores subjacentes. Neste tipo de rede existe a tendência de se desenvolverem relações assimétricas entre a empresa líder e seus fornecedores.

- *Consórcios*: é uma rede de cooperação constituída, para um objetivo específico, por um grupo de empresas que assumem um empreendimento acima da capacidade dos recursos individuais de seus participantes. Em um consórcio as normas de relacionamento são definidas a priori e formalizadas em um instrumento específico – o registro contratual, que estabelece os objetivos que serão perseguidos e o modo como o processo será conduzido. A coordenação do consorcio é democrática, o seu quadro diretivo é constituído por membros que respondem aos outros participantes em assembleias gerais periódicas.

- *Redes Associativas*: é uma configuração de rede cooperativa que se distingue das outras duas configurações apresentadas por se concentrar em uma estrutura única, a associação, a quem é delegado o papel de gerir as atividades interdependentes e promover a integração de seus associados e destes com o ambiente. Para tanto, as redes associativas são dotadas de poderes e instrumentos para fomentar e gerenciar a criação e desenvolvimento dos grupos de empresas. As redes associativas são entidades formalizadas de coordenação democrática, regidas por estatutos e regimentos que estabelecem as regras básicas de relacionamento e ganhos gerados entre seus associados.

Balestrin e Verschoore (2008) apresentam uma síntese entre as diferentes configurações de redes de cooperação discutidas. O resumo proposto é apresentado no Quadro 8.

AUTOR	TIPOLOGIA
Grandori & Soda (1995)	<ul style="list-style-type: none"> • Redes Sociais: Simétricas e Assimétricas • Redes Burocráticas: Simétricas e Assimétricas • Redes Proprietárias: Simétricas e Assimétricas
Bremer (1996) e Goldman(1995)	<ul style="list-style-type: none"> • Empresa Virtual: Ponto de vista Institucional e Funcional. • Institucional: Combinação das melhores competências essenciais de empresas legalmente independente. • Funcional: Concentração em competências essenciais coordenadas através de uma base de tecnologia da informação.
Casarotto & Pires (1998)	<ul style="list-style-type: none"> • Redes Top-Down: Subcontratação, terceirização, parcerias • Redes Flexíveis: Consórcios
Porter(1998)	<ul style="list-style-type: none"> • Cluster: Concentração setorial e geográfica de empresas. Caracterizado pelo ganho de Eficiência Coletiva.
Wood Jr & Zuffo (1998)	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura Modular: Cadeia de Valor e Terceirização Atividades de Suporte. • Estrutura Virtual: Liga temporariamente rede de fornecedores. • Estrutura Livre: de barreiras, define funções, papéis, tarefas.
Corrêa(1999) e Verri(2000)	<ul style="list-style-type: none"> • Rede Estratégica: Desenvolve-se a partir de uma empresa que controla todas as atividades. • Rede Linear: Cadeia de Valor (participantes são elos). • Rede Dinâmica: Relacionamento intenso e variável das empresas entre si.

Quadro 7 – Tipologias de Redes Empresariais. Fonte: Olave e Amato Neto (2001)

Configurações	Características	Benefícios	Desafios a superar
Redes de Fornecimento	Foco nas competências essenciais da empresa líder, ficando as atividades paralelas e complementares a cargo da rede de fornecedores.	Constituem uma estrutura produtiva, integrada e flexível. Possuem uma organização líder, focada na competitividade. Buscam a aprendizagem e a geração de inovações coletivamente.	Evitar o controle de apenas uma empresa. Fortalecer os elementos de confiança e transparência entre os membros. Equilibrar o poder decisório entre fornecedores e empresa líder.
Consórcios	União de empresas visando à obtenção de ganhos de escala. Manutenção da individualidade e da autonomia decisória da própria empresa. Formalizados por contrato específico. Utilizado com fim predeterminado. Tempo de duração a vincular-se à realização do objetivo definido em contrato.	Interesses comuns direcionados a superar obstáculos ou oportunizar novos negócios aos membros. Coordenação democrática, na qual o quadro diretivo deve ser eleito em assembleia. Existência de normas e procedimentos que garantem os sistemas de controle e o monitoramento do desempenho. Formação de equipes, com a divisão de trabalhos entre as empresas envolvidas.	Evitar a formalização excessiva das estratégias colaborativas por meio de contrato. Promover a divisão equânime das riquezas produzidas pelas empresas participantes. Enfatizar estratégias também no consórcio como um todo, e não somente nas empresas participantes.
Redes Associativas	Surgem com o aumento das dificuldades estruturais das empresas. Partem do pressuposto de que as dificuldades comuns podem ser superadas com a realização de ações colaborativas.	Constituem uma entidade formalizada. Gestão democrática, com a participação dos envolvidos nas decisões e ações da rede. Normas especificadas em estatuto e regimento que apresentam contratos estáveis e flexíveis. Os ganhos gerados em conjunto são distribuídos o mais equilibradamente possível.	Promover um caráter estratégico, e não apenas se apresentar como tábua de salvação das empresas associadas. A motivação deve ser equilibrada entre as necessidades individuais e da rede associativa. Valorizar mais a integração flexível e a orientação estratégica.

Quadro 8 – Síntese das Diferentes Configurações de Redes Cooperativas. Fonte: Balestrin e Verschoore (2008)

2.5. ASPECTOS QUE MOLDAM OS RELACIONAMENTOS

2.5.1. Competição, Cooperação e Colaboração

Competição pode ser definida como um processo de interação entre duas partes que disputam algo, como recursos, alimentos, território. Na ecologia, a competição é um fator regulamentador da densidade populacional, os comportamentos competitivos entre membros da mesma espécie ou de espécie diferentes tem como objetivo não apenas a sobrevivência de cada indivíduo, mas também a de seus descendentes. Nas relações entre empresas a competição é tradicionalmente definida como uma relação conflituosa fortemente associada ao poder de mercado, por exemplo, os valores associados à marca, a atratividade da indústria, gestão do conhecimento e questões éticas da organização (Rajagopal e Rajagopal, 2006).

Vugt, Cremer e Janseen (2007) afirmam que diversos cientistas evolucionistas argumentam que a cooperação humana é um produto de uma longa luta entre grupos rivais. Schermerhom (1975) afirma que a cooperação inter-organizacional decorre do desenvolvimento deliberado de relações entre as organizações autônomas para consecução de objetivos individuais e coletivos.

Balestrin e Verschoore (2008) afirmam que “a cooperação entre empresas preconiza objetivos comuns claramente definidos e maneiras de alcançá-los com eficácia” e complementam “a cooperação entre organizações emerge como consequência de agentes individuais buscando satisfazer aos próprios interesses”.

Peña e Arroyabe (2002) definem cooperação como um acordo formal entre empresas, ou entre empresas e organizações de diferentes tipos que compartilham três características: possuem uma atividade produtiva relacionada; buscam alterar seu posicionamento no mercado ou abrir novos mercados; apresentam processo de tomada de decisão compartilhados, sem que estes estejam subordinados aos meios hierárquicos de coordenação. O objetivo da cooperação é a realização de um projeto de negócios comum.

Payan (2007) define cooperação como uma orientação que reflete o espírito de boa vontade de uma organização trabalhar em conjunto com outra, porém complementa o autor a existência de cooperação não implica necessariamente na existência de coordenação e vice-versa.

Golicic e Mentzer (2005) fazem uma separação semelhante, mas usando os termo magnitude e tipo de relacionamento, na verdade os termos cooperação e coordenação muito se assemelham à forma com que autores distintos empregam os conceitos de colaboração e parceria.

Lambert, Emmelhainz e Gardner (1999) definem parceria como uma relação de negócios customizada baseada em confiança mútua, transparência, riscos e benefícios compartilhados que resultem em um desempenho dos negócios maior do que o obtido se as empresas estiverem trabalhando de forma isolada. Mentzer, Foggin e Golic (2000) definem colaboração como sendo empresas trabalhando em conjunto para atingir objetivos comuns.

Barratt (2004) define colaboração como uma cultura de trabalho em conjunto com outras empresas visando um conjunto de objetivos comuns que tragam benefícios para o relacionamento de parceria, já Min *et al.* (2005) definem colaboração como sendo uma cultura de trabalho em conjunto com outras empresas visando um conjunto de objetivos comuns que tragam benefícios para o relacionamento de parceria.

Daugherty (2011) afirma que as primeiras iniciativas de colaboração discutidas na literatura de cadeias de suprimentos incluem a gestão de inventário pelo vendedor VMI (*Vendor-Managed Inventory*), o reabastecimento contínuo e o planejamento colaborativo, para a autora, estes programas estão baseados em relacionamentos estreitos e com alto grau de troca de informações entre os agentes participantes da cadeia de suprimentos.

Outra ferramenta abordada na literatura que busca facilitar a colaboração entre empresas, principalmente, no tocante a previsão de vendas é o *Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment* (CPFR) e mais recentemente o conceito de Transporte Colaborativo que surgiu de uma segmentação e estudo particular do CPFR (Botter, Tacla e Hino, 2006; Corrêa, 2010).

Outras importantes abordagens são o CRM (*Customer Relationship Management*), um conjunto de aplicativos que centraliza as estratégias e ferramentas que apoiam a empresa na organização e no gerenciamento do relacionamento com seus clientes e o SRM (*Supplier Relationship Management*) cujo objetivo é segmentar os fornecedores de acordo com sua importância para a empresa e desenhar formas de relacionamento adequadas para cada segmento, de forma a maximizar os resultados das interações entre a empresa e seus fornecedores. Basicamente governada por duas variáveis: os custos de transação e as competências centrais envolvidas (Corrêa, 2010).

Vieira, Yoshizaki e Ho (2009) agruparam os elementos de colaboração em três conjuntos indissociáveis:

- Integração estratégica: é composta pelo compartilhamento de informações de estoque; conhecimento das estratégias e dificuldades do parceiro; e histórico de relacionamento e

envolvimento da alta gerência. Para os autores estes elementos estão presentes em qualquer relacionamento entre parceiros e a intensidade da colaboração aumenta à medida que são realizadas mais ações conjuntas e de longo prazo.

- Integração tática: os elementos de integração tática correspondem a três subgrupos.
- Integração interpessoal: composto por elementos de confiança, interdependência, flexibilidade e reciprocidade.

A Figura 8 ilustra os principais elementos que formam o conceito de colaboração para os autores. Os elementos de integração estratégica são influenciados diretamente pelos elementos de integração interpessoal, para os autores isso ocorre porque não há troca de informações estratégicas sem a existência de confiança. De forma análoga, “difícilmente haverá reciprocidade e interdependência (com troca de informações estratégicas) sem se conhecerem as dificuldades e potencialidades logísticas do parceiro (Vieira, Yoshizaki e Ho, 2009). Além disso, ressaltam os autores os elementos de integração estratégica e os elementos interpessoais são à base do processo de colaboração e, portanto influenciam diretamente os elementos de integração tática.

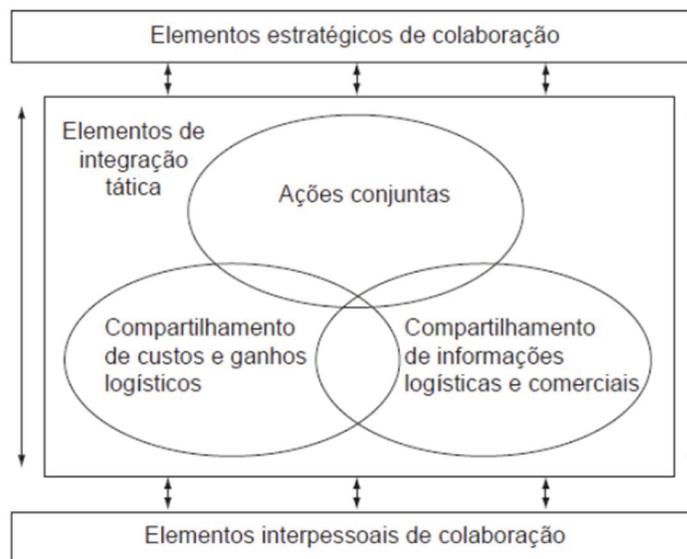


Figura 8 – Elementos que forma o conceito de colaboração. Fonte: Vieira, Yoshizaki e Ho (2009)

Sanches (2009) chama atenção para a falta de consenso nas definições de cooperação, colaboração e parceria, para o autor, existe uma tendência por parte dos pesquisadores e práticos a incentivar relacionamentos colaborativos na cadeia de suprimentos ou relacionamentos

coordenados através de cooperação, para o autor esta tendência pode ser explicada em função da disseminação dos diversos benefícios relacionados a este tipo de relacionamento.

Dentre os principais benefícios dos relacionamentos colaborativos encontrados por Sanches (2009) na literatura podem se destacar:

- Aumento de receitas;
- Redução de custos operacionais;
- Melhora do nível de serviço;
- Aumento da satisfação do cliente.

Apesar dos diversos benefícios apontados, adoção indiscriminada de relacionamentos colaborativos é contra indicada por diversos autores (Barratt, 2004; Kampstra, Ashayeri e Gattorna, 2006; Crook e Combs, 2007). Dentre os fatores apontados como determinantes na escolha de efetivar um relacionamento de colaboração estão aspectos relacionados a distribuição de poder entre os agentes na cadeia de suprimentos e o nível de confiança existente entre eles (Maloni e Benton, 2000).

2.5.2. Poder, Confiança e Dinheiro

Lima (2007) propõe que é necessário analisar a combinação de três diferentes dimensões ou forças nos arranjos relacionais das cadeias de suprimentos: poder, dinheiro e confiança. A Figura 1 apresenta o modelo MPT (*Money, Power e Trust*) proposto por Lima (2007) que exemplifica o posicionamento de algumas cadeias de suprimentos em torno da combinação destas três forças.

New (2004) afirma que um dos pontos de ambiguidade das diferentes visões da cadeia de suprimentos está relacionado à questão de quem na cadeia supostamente deveria fazer a gestão? Quem tem o poder, e quem colhe os benefícios? Para o autor a natureza do poder em cadeia de suprimentos é importante, mas também mal compreendido.

A afirmação de New (2004) remete ao conceito de governança em cadeia de suprimentos, que de acordo com Corrêa (2010) é um assunto controverso uma vez que a cadeia de suprimentos é composta por diversos agentes com objetivos próprios e que sofrem pressões de grupos de interesse distintos.

Para Corrêa (2010) a iniciativa e a responsabilidade da gestão da cadeia de suprimentos repousariam sobre o seu agente mais forte. Stadtler (2009) argumenta nesta mesma linha, para o

autor, o poder exercido por um agente na cadeia de suprimentos está diretamente relacionada posição que ocupa na cadeia e ao segmento a qual está cadeia pertence.

Uma relação de poder é definida como a capacidade da empresa em influenciar as intenções e ações de outras empresas (Williams e Moore, 2007). Em seu artigo seminal French e Raven (1959) classificam os relacionamentos de poder em seis categorias, a classificação proposta pelos autores foi submetida ao longo dos últimos 50 anos a extensivos testes mantendo-se atual e válida (Flynn *et al.*, 2008). De acordo com French e Raven (1959) as relações de poder podem ser:

- Poder de recompensa: esta forma é baseada na capacidade que se concede ou obtém como retribuição ou reparação de um determinado resultado.
- Poder coercivo: é a capacidade percebida para punir aqueles que não estão conforme com as suas ideias ou demandas.
- Poder normativo: esta forma é baseada na percepção de que alguém tenha o direito de prescrever comportamento devido à eleição ou a nomeação para um cargo de responsabilidade.
- Poder arbitrado: é poder através da associação com outras pessoas que possuem poder.
- Poder especialista: este modelo baseia-se em ter conhecimento distintivo, expertise, capacidade ou aptidões.
- Poder de informações: esta forma é baseada no controle das informações necessárias pelos outros, a fim de alcançar um objetivo importante.

Muitos pesquisadores têm simplificado a análise dos relacionamentos de poder através dicotomização em diferentes categorias, tais como: coerciva / não-coerciva, mediador / não mediador e econômico / não econômico (Maloni e Benton, 2000).

Outro tipo de relacionamento existente entre os agentes na cadeia de suprimentos é o baseado em confiança. Ireland e Webb (2007) afirmam que os trabalhos desenvolvidos sobre confiança nas cadeias de suprimentos têm oferecidos modelos conceituais ou que utilizam uma abordagem não econômica, em virtude desta tendência de pesquisa, os relacionamentos baseados em confiança têm sido considerados como elementos de vulnerabilidade econômica.

Sterman (2000) afirma que a relações de confiança entre parceiros na cadeia de suprimentos podem romper-se rapidamente em virtude de uma instabilidade ou dúvida sobre as

crenças e comportamentos dos gestores das diferentes empresas. O conflito e desconfiança criada por esta dúvida conduz a um ciclo vicioso que perpetua a instabilidade nos relacionamentos de toda a cadeia de suprimentos.

Confiança já foi ilustrada como um conceito complexo na literatura por desempenhar um papel fundamental nos relacionamentos da cadeia de suprimentos, em termos genéricos, confiança é uma expectativa de resultados positivos (ou não-negativos) que se pode receber baseado nas ações esperadas de outra parte em uma interação caracterizada pela incerteza (Sahay, 2003). Handfield e Bechtel (2002) identificaram na literatura de diversas áreas da ciência uma variedade de definições de confiança, o que segundo os autores permitiu identificar oito paradigmas conceituais sobre o tema. De forma geral estes paradigmas relacionam confiança como um elemento de cognição, previsibilidade ou a confiabilidade em outra parte, competência, lealdade, crença, vulnerabilidade e altruísmo.

Handfield e Bechtel (2002) também identificaram na literatura um conjunto de classificações ou tipos de confiança. Deste conjunto de classificações identificadas destacam-se para análise de relacionamentos na cadeia de suprimentos as propostas por Lewicki e Bunker (1995) e Sheppard e Tunchinsky (1995) onde são descritos três tipos de confiança:

- Confiança baseada em conjecturas: esta forma de confiança é sustentada muito mais através da ameaça de punição do que pela expectativa de recompensa entre as partes. Busca-se sempre avaliar se uma das partes está sendo oportunista. Assim, pode-se afirmar que a confiança é frágil e, portanto, qualquer violação tem potencial para alterar ou até mesmo encerrar o relacionamento.

- Confiança baseada em conhecimento: esta forma de confiança é sustentada através de informações, assim, mediante a detenção de conhecimento é possível antecipar-se as ações da outra parte. Neste tipo de confiança a comunicação regular e a corte entre as partes são fatores chave de sucesso.

- Confiança baseada em identificação: esta forma de confiança baseia-se na identificação dos desejos e intenções da outra parte e na compreensão que a confiança só se desenvolverá através da cooperação entre elas segundo valores, metas ou objetivos comuns.

Finalmente, além dos relacionamentos baseados em confiança e poder, existem aqueles onde há uma predominância das relações de troca de dinheiro por bens e/ou serviços entre os agentes. De acordo com Cooper *et al.* (1997), Dyer, Cho e Chu (1998) e Coughlan *et al.* (2002)

fatores como as características dos mercados (produtos, fornecedores e serviços) podem indicar que a criação de um arranjo relacional elaborado, como os baseados em poder ou confiança, não seja necessário ou desejável. Assim, concluem os autores, as empresas não deveriam adotar uma estratégia padrão de relacionamentos.

Benton e Maloni (2005) corroboram para percepção acima descrita, segundo os autores as relações nas cadeias de suprimentos variam de uma dimensão de operações discretas até a de operações integradas ou de parcerias. Os elementos de maior influência na determinação destas dimensões seriam os relacionados às interações entre os agentes no que tangem a duração das relações, comunicação, planejamento e metas, benefícios e riscos, compartilhamento de informações e solução de problemas. O Quadro 9 apresenta a visão dos autores sobre os elementos contratuais a luz de duas orientações estratégicas distintas dos relacionamentos: discreta (ou transacional) e relacional.

Elemento Contratual	Orientação Discreta	Orientação Relacional
Duração	Única vez	Longo Prazo
Transferibilidade	Completamente transferível	Extremamente difícil de transferir
Atitude	Independente, desconfiada	Aberta, cooperativa, confiante
Comunicação	Muito pequena	Complexa
Informação	Proprietária	Compartilhada
Planejamento e Metas	Individual, curto-prazo	Conjunta, longo prazo
Benefícios e Riscos	Individuais	Compartilhados
Solução de Problemas	Conduzidas por poder	Mútua, criteriosa

Quadro 9 – Estratégias de Negócio Discreta vs. Relacional. Benton e Maloni (2005)

2.5.3. Contratos de Fornecimento

Conforme discutido anteriormente os relacionamentos entre empresas podem assumir diferentes formatos, que podem ser classificados tanto como formais quanto informais. Porém, conforme afirmam Simchi-Levi, Chen e Bramel (2007), para assegurar fornecimento adequado e os tempos de entrega, compradores e fornecedores firmam contratos de suprimentos que determinam:

- Preços e descontos;

- Quantidades mínimas e máximas adquiridas;
- Prazos de entrega;
- Padrões de qualidade dos produtos;
- Políticas de retorno;
- Bônus e Penalidades;

Além de especificarem os parâmetros que governam o relacionamento entre compradores e fornecedores, os contratos de fornecimento impactam significativamente no comportamento e desempenho de todos os agentes na cadeia de suprimentos, uma vez que compradores e fornecedores são agentes independentes e que normalmente tentam otimizar seus lucros e desempenhos de forma individual contratos (Chopra e Meindl, 2009)

Diversos tipos de contratos de fornecimento podem ser firmados em um relacionamento comprador-fornecedor com os objetivos de: aumentar os lucros das empresas e ou da cadeia de suprimentos como um todo; reduzir riscos os dos envolvidos; minimizar ruídos nas informações; incentivar a melhora da produtividade e qualidade dos produtos e serviços ofertados tanto por compradores como fornecedores; aumentar o comprometimento das partes.

Na literatura não há consenso sobre uma classificação geral dos contratos, autores como Anupindi e Bassok (1999) classificam os contratos de acordo com oito parâmetros: horizonte de duração, precificação, periodicidade de colocação de pedido, quantidade de compromisso, flexibilidade, compromisso de entrega, qualidade e compartilhamento de informações.

Tsay e Lovejoy (1999) classificam os contratos de acordo com oito cláusulas contratuais: especificação dos direitos de decisão, precificação, compromisso mínimo de compra, quantidade flexibilidade, políticas de retorno e recompra, regras de alocação e lead time.

Höhn (2009) apresenta uma classificação que abrange as classificações anteriores, sendo composta por onze termos que caracterizam os contratos.

- *Especificação dos direitos de decisão*: este termo versa sobre o controle das variáveis de decisão do contrato. Por exemplo, quem determina as quantidades mínimas, os preços, condições de entrega.
- *Precificação*: a forma de precificação dos produtos pode ser termo do contrato, que pode contemplar desde esquemas de precificação simples como de estrutura linear como esquemas mais complexos como os baseados em descontos por volume.
- *Compromisso de Compra Mínima*: este termo assegura que o comprador assume uma

quantidade mínima de compra, que pode ser determinada para cada pedido colocado ou em um determinado período de tempo.

- *Flexibilidade de quantidade:* através deste termo o comprador garante um certo grau de flexibilidade quanto a última quantidade comprada
- *Políticas de retorno ou recompra:* este termo especifica que o comprador pode retornar uma porcentagem dos produtos não vendidos para o fornecedor. O preço de retorno é tipicamente menor ou igual ao preço de atacado.
- *Regras de alocação:* este termo define alocação de estoque disponível ou capacidade de produção de um fornecedor para seus compradores em um cenário de curto prazo.
- *Lead time:* o lead time para entrega dos produtos pode ser definido também como um termo do contrato. Neste termo pode ser definido o lead time médio e a variação aceitável em termos do desvio padrão.
- *Qualidade:* a qualidade do produto entregue é um dos aspectos mais importantes de qualquer relação de comercial entre empresas. Diferentes critérios de qualidade podem ser estabelecidos em função das características do produtos ou das políticas das empresas.
- *Horizonte de duração:* especifica o período pelo qual o contrato é válido.
- *Periodicidade de colocação de pedidos:* este termo do contrato especifica com que frequência as ordens serão colocadas pelo comprador, por exemplo, em frequência diária, em dias ou datas específicas, ou em qualquer dia da semana.
- *Compartilhamento de informação:* determina quais tipos de informações serão compartilhadas entre as empresas

Na sequência são apresentados e discutidos os diferentes tipos de contratos (Chopra e Meindl, 2009):

- *Contratos de recompra:* Contratos de recompra ou com cláusulas de retorno são aqueles onde um fornecedor concorda em recomprar itens não vendidos pelo comprador ao final de um período por um preço previamente acordado. Este tipo de contrato incentiva o comprador a solicitar mais unidades por pedido, uma vez que o risco associado a não venda de produtos é reduzido, além disso, uma consequência do aumento de unidades por pedido é a redução do risco de indisponibilidade do produto, o que em alguns casos, compensaria o aumento do risco assumido por parte do fornecedor. Os contratos de recompra são mais indicados para produtos com custos variáveis baixos. Tanto o fornecedor quanto o comprador se beneficiam com

aumentos nos lucros através desta modalidade de contrato levam a uma redução do esforço de vendas pelo comprador no caso de estoque em excesso e a uma maior distorção de informação dentro da cadeia de suprimentos.

- *Contratos de compartilhamento de receitas:* Nos contratos de compartilhamento de receitas o comprador compartilha uma parcela de seus lucros com o fornecedor em troca de um preço de compra de atacado reduzido. Esse tipo de contrato incentiva o comprador a aumentar a quantidade de unidades por pedido. Os contratos de compartilhamento de receita combatem a dupla marginalização diminuindo o custo por unidade cobrado do varejista e reduzindo o custo de estoque em excesso. Por outro lado este tipo de contrato aumenta a distorção de informação e conduz a um menor esforço do comprador no caso de estoque em excesso, de forma análoga ao que ocorre nos contratos de recompra.

- *Contratos com quantidade flexível:* Neste tipo de contrato o fabricante permite ao comprador que altera a quantidade solicitada depois de observar a demanda. Os contratos com quantidade flexível são semelhantes aos contratos de recompra uma vez que o risco de estoque em excesso é compartilhado entre fornecedor e comprador, como não são necessárias devoluções esses contratos podem ser mais eficientes quando o custo associada à devolução é alto. Os contratos com quantidade flexível combatem a dupla marginalização e garantem uma menor distorção de informação quando comparados aos contratos de recompra ou compartilhamento de receitas.

- *Contratos de desconto por quantidade:* O objetivo desta modalidade de contrato é encorajar o comprador a aumentar o tamanho do lote de pedidos, de forma a reduzir os custos para fornecedor e para toda a cadeia. Um contrato de desconto por quantidade diminui os custos gerais, mas aumentam a distorção de informação na cadeia de suprimentos uma vez que promovem um maior agrupamento de pedidos.

2.6. DESEMPENHO EM CADEIA DE SUPRIMENTOS

Tradicionalmente tem se utilizado em sistemas empresariais duas medidas de desempenho: custo e satisfação do cliente.

Para Lima (2001) existem duas abordagens para tratar a questão de desempenho: (1) a monitoração do desempenho, com objetivo de acompanhar seu comportamento; (2) a identificando e executando ações no sistema para alterar o referido comportamento e assim alterar seu resultado.

Medir desempenho pressupõe identificar os elementos relevantes a serem avaliados, seus atributos e variáveis bem como a forma de quantificá-los. (Lima, 2004).

Podem ser identificados três objetivos distintos para a criação de uma sistemática de avaliação de desempenho (Lima, 2004):

1. A monitoração de variáveis e a antecipação de ações dentro de uma postura preventiva;
2. A resolução de problemas visando eliminação de causas de insatisfações ou elevar o nível de satisfação, visando um processo de melhoria contínua;
3. A dissolução do sistema pela obsolescência de sua finalidade.

Para a realização de uma efetiva avaliação de desempenho é necessário desenvolver-se um bom processo de medição do desempenho. Existem quatro passos básicos para a criação de um processo de medição de desempenho:

1. Definir quais atributos ou tipos de fatores (como tempo, custo, nível de serviço, qualidade) são críticos para que o sistema atinja suas finalidades;
2. Mapear os processos interfuncionais usados para obter resultados e identificar relações de causa e efeito existentes;
3. Identificar elementos críticos e capacidades necessárias para a execução dos processos satisfatoriamente;
4. Projetar medidas que monitorem estes elementos e capacidades e seus respectivos padrões e metas.

2.7. MODELOS DE RELACIONAMENTOS ENTRE EMPRESAS

As diferentes teorias que abordam o tema relacionamentos entre empresas fornecem também uma multiplicidade de constructos que pertencem a diferentes componentes dos relacionamentos e diferentes níveis de análise, que ainda não encontram-se consolidados na literatura de forma integrada.

Lima (2007) afirma que natureza dos relacionamentos é influenciada por forças de dinheiro, poder e confiança, a partir dos resultados encontrados na literatura é possível correlacionar estas forças a

aspectos como os níveis de comunicação e troca de informações existentes entre as empresas, as características e definições dos contratos e acordos firmados e finalmente a percepção de benefícios e riscos atrelados ao relacionamento. A Figura 9 apresenta o modelo MPT expandido.



Figura 9 – Modelo MPT expandido

Lefaix-Durand, Poulin e Beauregard (2006) propõem a construção de um quadro integrado que agregue e ordene o fragmentado conjunto de conhecimento sobre o tema. Com base em sua análise de três abordagens teóricas (custo de transação, teoria das trocas sociais e abordagem de redes), os autores sugerem três elementos chave para análise dos relacionamentos: (1) quais os resultados de um relacionamento entre empresas, (2) qual o formato destes relacionamentos; e (3) o que governa estes relacionamentos. Os constructos identificados nas três diferentes teorias podem ser estruturados de acordo com estes elementos, o resultado é apresentado no Quadro 10. Baseado nos resultados apresentados no Quadro 10, Lefaix-Durand, Poulin e Beauregard (2006) propõem um modelo conceitual dos relacionamentos entre empresas baseados nestes três elementos chave. No modelo são identificados um conjunto de seis fatores que impactam na governança e natureza dos relacionamentos tendo como resultado a criação ou a destruição de valor, a Figura 10 ilustra o modelo conceitual proposto.

Lefaix-Durand, Poulin e Beauregard (2006) operacionalizam os constructos e fatores apresentados através de um conjunto de variáveis extraídas das teorias estudadas. O Quadro 11 apresenta os diferentes fatores e suas variáveis explicativas.

Constructos	Elementos Chave		
	(1) Resultados	(2) Formato	(3) Governo
Valor, benefícios, dissolução, recompensas econômicas e não econômicas, riscos e satisfação	X		
Atratividade, complexidade, enraizamento, resultados esperados, frequência, mutualidade, oportunismo, fatores pessoais e psicológicos, interesse próprio, especificidade de ativos, turbulência, incerteza		X	
Custos de transação, conhecimento, continuidade, colaboração, compromisso, cooperação, reputação, orientação de longo prazo, solidariedade, confiança	X	X	
Coordenação de atividades, conectividade, dependência, flexibilidade, troca de informações, planejamento conjunto, normas, contratos	X	X	X

Quadro 10 – Três elementos chave para análise dos relacionamentos entre empresas. Lefaix-Durand, Poulin e Beauregard (2006)

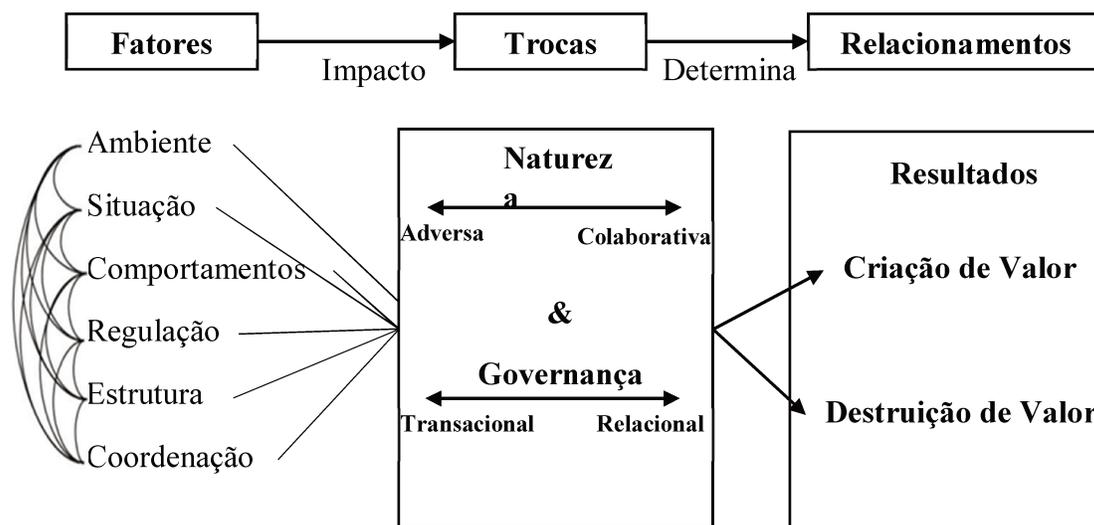


Figura 10 – Modelo Conceitual dos Relacionamentos entre Empresas. Lefaix-Durand, Poulin e Beauregard (2006)

O modelo proposto por Lefaix-Durand, Poulin e Beauregard (2006) não considera entre o conjunto de fatores a estratégia como um elemento de impacto na natureza e governança dos relacionamentos, sendo esta uma limitação do modelo proposto. A escolha de uma postura ou comportamento competitivo, cooperativo ou colaborativo por parte de um agente na cadeia de suprimentos é uma definição estratégica que impacta o conjunto de fatores propostos pelos autores e conseqüentemente no resultado do relacionamento.

Também é importante ressaltar que a natureza dos relacionamentos é dinâmica, e mesmo as relações de mercado puro ou transacionais podem vir a ocorrer repetidas vezes entre dois agentes. Neste cenário, de repetidas transações, o conhecimento sobre o histórico de resultados passados e comportamentos adotados representa uma vantagem competitiva. Na Figura 11 é apresentado uma versão modificada do modelo teórico de relacionamentos proposto por Lefaix-Durand, Poulin e Beauregard (2006) que inclui o elemento estratégia como fator de impacto na natureza e governança dos relacionamentos.

Fator	Variável	Contínuo	
		<i>Limites</i>	<i>Limites</i>
Natureza do Relacionamento		Adverso ↔	Colaborativo
Situação das trocas	Proximidade	Distante ↔	Próximo
	Frequência	Ocasional ↔	Frequente
	Interdependência	Dependente ↔	Independente
	Orientação Temporal	Curto Prazo ↔	Longo Prazo
Comportamento das trocas	Engajamento	Oportunista ↔	Engajado
	Cooperação	Não Cooperativa ↔	Cooperativa
	Comunicação	Não comunicativo ↔	Comunicativo
	Confiança	Desconfiado ↔	Confiante
Governança do Relacionamento		Transacional ↔	Relacional
Regulamentação das trocas	Centralização	Centralizado ↔	Descentralizado
	Influência	Coercivo ↔	Não coercivo
	Formalismo	Explicito ↔	Normativo
Coordenação das trocas	Integração	Fragmentado ↔	Integrado
	Flexibilidade	Rígido ↔	Flexível
	Responsividade	Lento ↔	Reativo
Estrutura das trocas	Utilização de TI	Limitado ↔	Intensivo
	Alinhamento	Diádica ↔	Rede
	Estrutural		
Ambiente de Negócios		Estável ↔	Incerto
	Incerteza		

Quadro 11 – Caracterização da Natureza e Governança dos Relacionamentos e do Ambiente de Negócios. Lefaix-Durand, Poulin e Beauregard (2006)

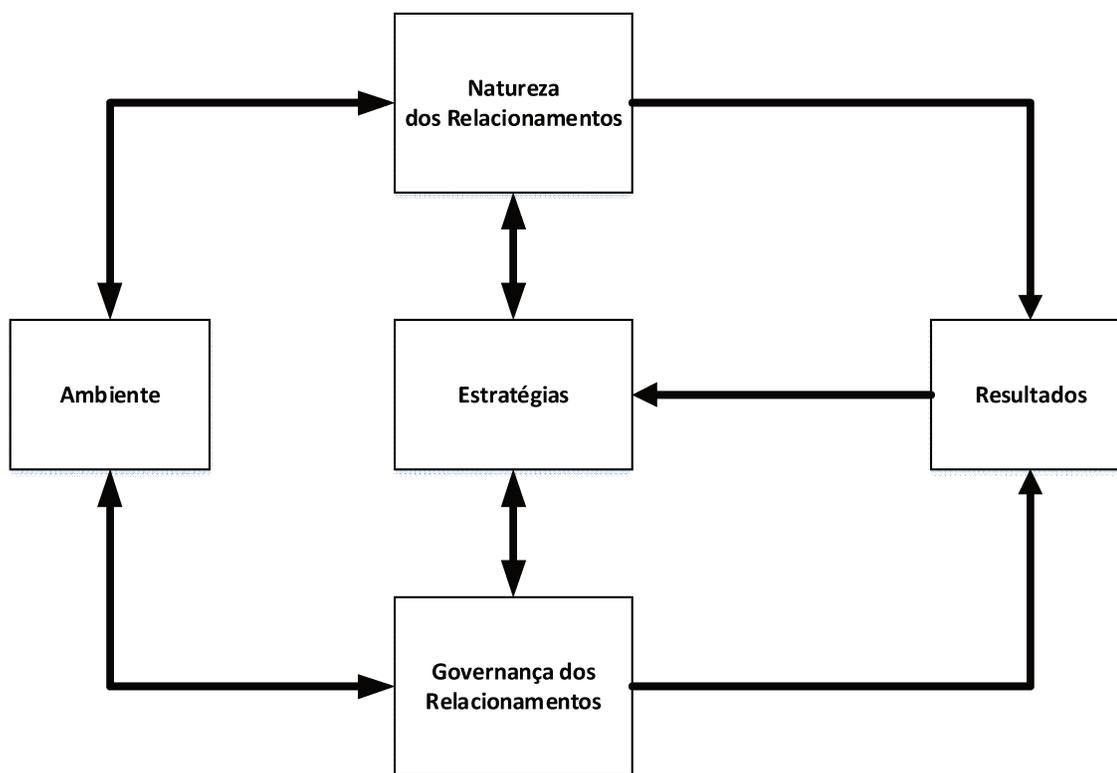


Figura 11 –Modelo Teórico de Relacionamentos. Modificado de Lefaix-Durand, Poulin e Beauregard (2006)

2.8. MÉTODOS PARA ABORDAR O PROBLEMA

Além das abordagens e métodos acima descritos encontra-se na literatura diversos trabalhos que abordam os relacionamentos entre empresas através do emprego de técnicas quantitativas e qualitativas. Na sequência as principais abordagens identificadas na literatura são expostas.

De acordo com Pidd (2004), a maioria dos livros sobre pesquisa operacional dedica quase a totalidade seu espaço para a descrição de métodos matemáticos e estatísticos que tem sido empregados a uma variedade de problemas bem definidos, estes métodos tem sido descritos como abordagens *hard* de pesquisa operacional. Porém, existe outro conjunto de livros que são devotados a discussão de um grupo de métodos conhecidos como abordagens *soft*. Para o autor existem muitas maneiras pelas quais podemos distinguir estas duas abordagens, no Quadro 12 alguns destes aspectos práticos e pragmáticos são apresentados.

	Hard OR	Soft OR
Metodologia empregada	Com base no senso comum,	Com base em epistemologia rigorosa
Modelos	Representação Compartilhada do mundo real	Representação de conceitos relevantes para o mundo real
Validade	Reproduzível com capacidade ser comparável com o mundo real	Coerência defensável, consistente logicamente, plausível
Dados	A partir de uma fonte que é defensável no mundo, com um significado acordado ou compartilhado, observador-independente	Baseado no julgamento, opinião, alguma ambiguidade, observador-dependente
Valores e resultados do estudo	Quantificação assumida como sendo possível e desejável. A partir de uma opção de comparação baseada na escolha racional	Acordo (em ação?), percepções compartilhadas. Informando ações e aprendizado
Propósito do estudo	Para o estudo: tomado como um dado no início Para o modelo: entendendo e mudando o mundo, vinculado a um propósito	Para o estudo: permanece problemático Para o modelo: um meio para apoiar a aprendizagem

Quadro 12 – Aspectos práticos da Pesquisa Operacional hard e soft. Fonte: Pidd, M. (2004)

O emprego de modelos na solução de problemas e na análise de decisão não é uma novidade. Na literatura diversos trabalhos adotam as abordagens *hard* e *soft* para resolver e avaliar problemas das áreas de logística e gestão da cadeia de suprimentos. Nesta seção iremos apresentar algumas destas abordagens e discutir o seu emprego para a resolução do problema desta tese.

2.8.1. Programação Matemática e Simulação Computacional

Abordagem de programação matemática utiliza relações matemáticas para representar um objeto ou problema de decisão, o termo matemática é utilizado em um sentido mais amplo que abrange os conceitos de álgebra e lógica.

Os modelos de programação matemática e simulação computacional podem ser classificados em três categorias: prescritivos, preditivos e descritivos. (Ragsdale, 2009) As três categorias e suas características são explicitadas no Quadro 13.

	Características do Modelo		
Categoria	Forma de $f(*)$	Valores de variáveis independentes	Técnicas de PO
Modelos Prescritivos	Conhecido, bem definido	Conhecido ou sob controle do tomador de decisão	Programação linear, Rede, Programação Inteira, CPM, Programação de Metas, Programação não linear, QOE
Modelos Preditivos	Desconhecido, mal definido	Conhecido ou sob controle do tomador de decisão	Análise de regressão, análise de séries de tempo, Análise discriminatória.
Modelos Descritivos	Conhecido, bem definido	Desconhecido ou incerto	Simulação, filas, PERT, Modelos de inventário

Quadro 13 – Categorias e características dos modelos. Fonte: Ragsdale, 2009

Quando o problema enfrentado envolve um relacionamento muito preciso e bem definido entre a variável dependente e as variáveis independentes, com estas sobre o controle do tomador de decisão, o problema nesta situação se resume a determinação dos valores das variáveis independentes que produzem o melhor valor possível para variável dependente, este tipo de modelo são chamados modelos prescritivos, porque suas soluções informam ao tomador de decisão que ações realizar.

Uma segunda categoria de problemas encontrados são aqueles onde deseja-se prever ou estimar qual o valor da variável dependente terá quando as variáveis independentes assumirem valores específicos. Se a função relacionada às variáveis dependentes e independentes for conhecida, a solução do problema é obtida de forma simples pela atribuição dos valores desejados as variáveis independentes e o cálculo da função. Porém, em algumas situações a função pode ser desconhecida, devendo ser estimada para que o tomador de decisão faça previsões sobre a variável dependente, estes modelos são conhecidos como modelos preditivos.

A terceira categoria são os modelos descritivos, caracterizados por problemas de decisão que possuem relacionamento funcional muito preciso e bem definido entre as variáveis independentes e dependentes, porém, pode haver grande incerteza com relação aos valores exatos que as variáveis independentes podem assumir. Neste tipo de problema, o objetivo é descrever o resultado ou comportamento de determinada operação ou sistema.

2.8.2. Teoria dos Jogos

A Teoria dos Jogos é um ramo da matemática aplicada que estuda situações estratégicas onde jogadores escolhem diferentes ações na tentativa de melhorar seu retorno. Inicialmente desenvolvida como ferramenta para compreender comportamento econômico, foi aplicada em estudos que tinham por objetivo examinar a concorrência e a cooperação dentro de pequenos grupos de empresas. Atualmente é utilizada em diversos campos como: ciências políticas, ciências militares, ética, economia e filosofia (Fiani, 2006).

Para a Teoria dos Jogos um jogo consiste de jogadores, um conjunto de movimentos (ou estratégias) disponíveis para estes jogadores, e uma definição de pagamento para cada combinação de estratégia. Assim, em jogo existe um conjunto finito de jogadores, representado por $G = (g_1, g_2, \dots, g_n)$. Cada jogador $g_i \in G$ possui um conjunto finito $S_i = (s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{imi})$ de opções, denominadas estratégias puras do jogador g_i ($m_i \geq 2$). Um vetor $s = (s_{1j1}, s_{2j2}, \dots, s_{njin})$, onde s_{iji} é uma estratégia pura para o jogador $g_i \in G$, é denominado um perfil de estratégia pura. O conjunto de todos os perfis de estratégia pura formam, portanto, o produto cartesiano

$$S = \prod_{i=1}^n S_i = S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n,$$

denominado espaço de estratégia pura do jogo. Para jogador $g_i \in G$, existe uma função utilidade

$$u_i: S \rightarrow \mathbb{R}$$

$$s: \rightarrow u_i(s)$$

que associa o ganho (*payoff*) $u_i(s)$ do jogador g_i a cada perfil de estratégia pura $s \in S$.

Os resultados da Teoria dos Jogos tanto podem ser aplicados a simples jogos de entretenimento como a aspectos significativos da vida em sociedade. Um exemplo deste último tipo de aplicações é o Dilema do prisioneiro, jogo popularizado pelo matemático Albert W. Tucker, e que tem muitas implicações no estudo da cooperação entre indivíduos.

O Dilema dos prisioneiros apresenta a seguinte situação estratégica, dois ladrões são capturados e acusados pela polícia do mesmo crime. Presos em celas separadas e sem poder se comunicar, é apresentada a cada um dele de forma individual a seguinte proposta: confessar ou negar o crime. Se nenhum dos dois confessar o crime, ambos serão condenados a uma pena de 1 ano de prisão. Se os dois confessarem, então ambos terão de cumprir cinco anos de prisão. Porém, se apenas um confessar, o ladrão que confessou será libertado e o outro condenado a 10 anos de prisão. Assim, neste jogo temos:

$$G = \{\text{Ladrão 1}, \text{Ladrão 2}\}, S_{\text{Ladrão 1}} = \{\text{confessar}, \text{negar}\}, S_{\text{Ladrão 2}} = \{\text{confessar}, \text{negar}\}, S = \{(\text{confessar}, \text{confessar}), (\text{confessar}, \text{negar}), (\text{negar}, \text{confessar}), (\text{negar}, \text{negar})\}.$$

Com as funções utilidade definidas como:

$$u_{\text{Ladrão 1}}: S \rightarrow \mathbb{R} \text{ e } u_{\text{Ladrão 2}}: S \rightarrow \mathbb{R}$$

Onde os *payoffs* dos jogadores podem ser representados por uma matriz, em que os valores de cada célula representam, respectivamente, os *payoffs* do ladrão 1 e ladrão. A Tabela 1 apresenta a matriz de *payoffs* para o jogo do Dilema do Prisioneiro.

		Ladrão 1	
		confessar	negar
Ladrão 2	confessar	(-5,-5)	(0,-10)
	negar	(-10,0)	(-1,1)

Tabela 1 – Matriz Payoffs Jogo Dilema do Prisioneiro

O cientista político Robert Axelrod (Axelrod, 1984; 1997) realizou um torneio com objetivo de identificar a melhor estratégia para um jogo repetitivo de Dilema do Prisioneiro. Neste torneio, os participantes enviaram programas de computador criados para jogar repetidas vezes o dilema dos prisioneiros, cada programa jogava contra todos os outros programas, o vencedor era o que recebesse o menor número total de anos de prisão.

O programa vencedor foi o que adotou uma estratégia simples conhecida como *tit-for-tat* (olho por olho). De acordo com esta estratégia, o jogador começa o jogo cooperando e depois repete o movimento que o outro jogador fez na rodada anterior, o jogador que adota esta estratégia coopera até que o outro jogador desrespeite o acordo. A partir deste ponto, o jogador desrespeita o acordo até o momento em que o outro jogador volte a cooperar.

Segundo Hillier e Lieberman (2010) a contribuição fundamental da teoria dos jogos é que ela fornece uma estrutura conceitual básica para formular e analisar problemas em situações simples. Porém, ressaltam os autores, existe uma considerável lacuna entre o que a teoria é capaz de lidar e a complexidade da maioria das situações competitivas que surgem na prática, assim as ferramentas conceituais da teoria dos jogos desempenham apenas papel complementar no tratamento destas situações.

2.8.3. Métodos Multicritério

No início da década de 1970, começaram a surgir os primeiros métodos de Apoio Multicritério à Decisão, com o intuito de enfrentar situações complexas, nas quais um decisor, atuando com racionalidade, deveria resolver um problema onde vários objetivos deveriam ser alcançados de forma simultânea (Ensslin, Neto e Noronha, 2001; Gomes *et al.*, 2004).

Esta nova metodologia possui características bem definidas:

- A análise do processo de decisão tem como objetivo identificar informações críticas.
- A existência de uma melhor compreensão acerca das dimensões do problema;
- A possibilidade de haver diferentes formulações válidas para o problema;
- A aceitação de que, em problemas complexos, as situações nem sempre se ajustam a um perfeito formalismo e, em particular, de que estruturas que representam de forma parcial a comparabilidade entre as alternativas podem ser relevantes no processo de auxílio à decisão;
- O uso de representações explícitas de uma estrutura de preferências, em vez, de representações numéricas definidas artificialmente, muitas vezes pode ser mais apropriado a um

problema específico de tomada de decisões.

A metodologia multicritério possui dois grandes ramos (Gomes *et al.*, 2004):

- O ramo contínuo de decisão multicritério, conhecido como programação multiobjetivo ou otimização vetorial, que se ocupa de problemas com objetivos múltiplos, nos quais as alternativas podem adquirir um número infinito de valores;
- O ramo discreto ou Decisão Multicritério Discreta (DMD), que analisa problemas nos quais o conjunto de alternativas de decisão é formado por um número finito e geralmente pequeno de variáveis.

Segundo Ensslin, Neto e Noronha (2001) os métodos de resolução de problemas tradicionais, propostos pela área de Pesquisa Operacional, procuram enquadrar os problemas em categorias, que permitam após a classificação o emprego de procedimentos padronizados para a sua resolução. Porém, ressaltam Ensslin, Neto e Noronha (2001) em situações complexas, como as explicitadas a seguir, estes métodos padronizados não conduzem a soluções satisfatórias.

- Ocorrem incertezas sobre o caminho a seguir, os objetivos a serem alcançados, os grupos de agentes envolvidos ou atingidos pela decisão;
- Há conflitos de valores e objetivos entre múltiplos grupos interessados na decisão;
- Existem diferentes relações de poder entre grupos de interesse envolvidos no processo decisório;
- Devem ser levados em conta múltiplos critérios de avaliação das alternativas, que a princípio não estão claros;
- Envolve grandes quantidades de informações quantitativas e qualitativas que devem ser levadas em consideração no processo decisório
- Apesar de disponíveis estas informações são incompletas
- Exigem soluções criativas.

As decisões complexas são únicas e mesmo que uma determinada situação se repita, o processo decisório será diferente, porque os envolvidos podem ser diferentes, o local pode ser outro, e o momento da decisão será diferente.

Neste contexto, Gomes *et al.* (2004) definem o Apoio Multicritério à Decisão como: “a atividade do analista que, baseado em modelos claramente apresentados, mas não necessariamente formalizados, ajuda na obtenção de elementos de resposta às questões de uma agente de decisão no decorrer de um processo decisório. Esses elementos têm como objetivo esclarecer cada

decisão e, normalmente, recomendá-la ou, simplesmente, favorece-la.”

A Figura 12 representa esquematicamente o sistema de tomada de decisão em ambiente complexo, nesta figura observa-se que o papel do facilitador é esclarecer o processo de avaliação inerente à tomada de decisão, facilitando a comunicação entre os decisores, além de ser o responsável pela construção do modelo que considera os pontos de vista dos diferentes atores e seus juízos de valores. Já os decisores são aqueles a quem foi ortogado o poder decisão, assim estes podem intervir na construção e utilização do modelo como ferramenta de avaliação (Schimdt, 1995; Vilas Boas, 2006).

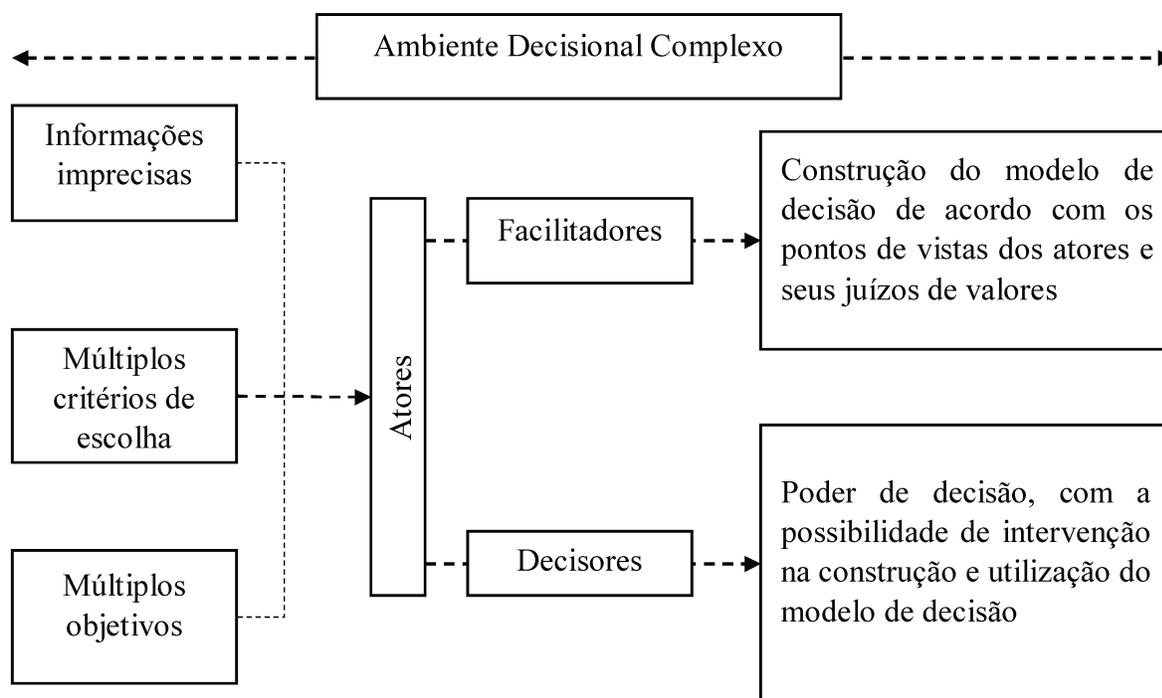


Figura 12 – Sistemas de tomada de decisão. Fonte: (Schimdt, 1995)

De acordo com Bana E Costa, Ferreira e Corrêa (2000) o podem ser identificadas no método de decisão multicritério quatro atividades principais que, não necessariamente devem ser sequenciais:

1. Definição do Objeto da Decisão;
2. Análise das consequências e elaboração dos critérios;
3. Modelagem das preferencias globais e abordagem operacional;
4. Análise dos resultados.

Soares (2003) apresenta na Figura 13 um fluxograma das etapas de desenvolvimento de uma análise multicritérios de apoio a decisão, nesta figura ficam evidentes duas fases distintas da aplicação: a estruturação e a avaliação. Na fase de estruturação é onde efetivamente se desenvolve o modelo de suporte a decisão, definindo-se os critérios e alternativas que serão considerados. Na fase de avaliação são criadas as formas para mensurar os aspectos considerados importantes. Ao final deste processo, são propostas recomendações aos decisores (Bana E Costa, Ferreira e Corrêa, 2000; Vilas Boas, 2006).

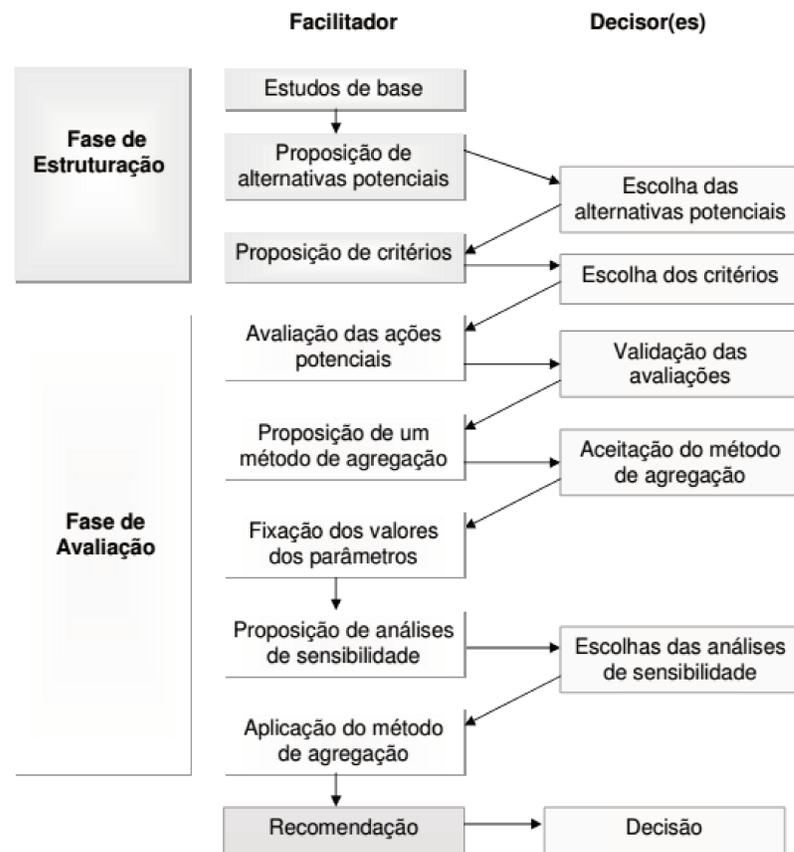


Figura 13 –Etapas do processo de análise multicritérios de apoio à decisão. Fonte: (Soares, 2003).

Gomes *et al.* (2004) afirmam que para se classificar os métodos de DMD é necessário considerar diversos aspectos como: o tipo de problema a ser resolvido, a dimensão da matriz de decisão, a maneira ordinal ou cardinal de medir as avaliações e os pesos, o caráter compensatório ou não dos métodos de normalização utilizados, a escola teórica em que os métodos estão inseridos, os procedimentos de trabalho propostos por esta escola ao decisor.

Duas escolas teóricas se destacam nos métodos de apoio multicritério: americana e francesa. Em

contraposição aos métodos da escola americana, os métodos da escola francesa admitem um modelo mais flexível do problema, pois não pressupõem, necessariamente, a comparação entre alternativas e não impõem ao analista de decisão uma estruturação hierárquica dos critérios existentes. Os principais métodos de cada escola são listados no Quadro 14.

Escola Americana	Escola Francesa
Método AHP	Electre I, II, III, IV e TRI
Teoria de Utilidade Multiatributo	Prométhée I,II, V

Quadro 14 – Principais métodos de análise multicritério de decisão. Adaptado de Gomes et al. (2004)

2.9. MÉTODOS DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Essa seção tem como objetivo analisar os métodos de simulação computacional adotados na solução de problemas de operação e gestão da cadeia de suprimentos.

Primeiro são apresentados os conceitos básicos de modelagem e simulação comuns a todos métodos. Na sequência três métodos de modelagem computacional são descritos: simulação por eventos discretos, dinâmicas de sistemas e simulação baseada em agentes. Finalmente uma análise comparativa entre os métodos é apresentada.

2.9.1. Modelagem Computacional

Há na literatura diferentes diagramas e descrições que delineiam os processos-chave de um estudo de simulação computacional, ver Banks *et al.* (2004); Harrell *et al.* (2004); Sterman (2000); Kelton *et al.* (2007); e North e Macal (2007); porém uma análise detalhada destas explicações indica a existência de um conjunto comum de processos principais. Robinson (2004) afirma que as principais diferenças entre as diversas explicações encontradas na literatura residem na nomeação dos processos e no número de sub-processos em que estes estão divididos. A Figura 14 apresenta um esboço de um estudo de modelagem e simulação computacional proposto por Robinson (2004), na figura, as caixas representam os resultados das etapas mais importantes de um estudo de modelagem e simulação computacional, e as setas representam os

processos que executados nas etapas. A seguir será apresentada uma breve discussão das etapas e processos.

O modelo conceitual consiste em uma descrição do modelo que será desenvolvido. Assim a modelagem conceitual compreende o entendimento do problema, a determinação dos objetivos do modelo, seus componentes, entradas e saídas. Além da coleta e análise de dados necessários ao desenvolvimento do modelo.

O modelo computacional consiste no modelo de simulação implementado em um computador. No processo de codificação o modelo conceitual é convertido ou codificado através de linguagem de computação, planilha eletrônica ou software especialista de simulação em um modelo de computador.

As soluções e ou entendimento são obtidos através do processo de experimentação do modelo de simulação. Uma vez desenvolvido o modelo, são realizadas experiências como este a fim de se obter uma maior compreensão do sistema real ou soluções para problemas reais. Neste processo de análise são realizadas alterações nos parâmetros de entrada do modelo e avaliados os resultados obtidos.

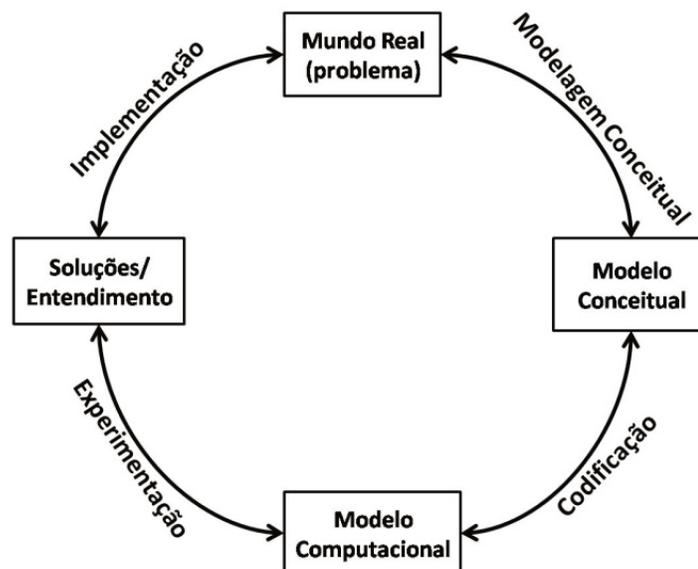


Figura 14 – Processos-chave em Estudo de Modelagem. Fonte:(Robinson, 2004).

Uma melhoria no mundo real é obtida a partir da implementação de uma das soluções ou do entendimento adquirido através do modelo. De acordo com Robinson (2004) o processo de implementação pode ser interpretado de três formas que não são mutuamente exclusivas:

- Implementação de Resultado: quando se adota uma solução específica identificada pelo modelo.
- Implementação de Execução: quando se adota o modelo em vez de um de seus resultados.
- Implementação de Aprendizagem: quando o estudo desenvolvido fornece uma melhor compreensão do sistema, sendo esta uma contribuição mais significativa que os resultados gerados ou a utilização do modelo.

2.9.2. Simulação Computacional

Dependendo do contexto a palavra simulação pode ter inúmeros significados, para este trabalho utilizaremos a seguinte definição:

“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)

Pode-se dividir a simulação em duas grandes categorias, simulação não-computacional e a simulação computacional. A simulação não computacional é aquela onde não se emprega um computador, são exemplos de simulação desta categoria as simulações realizadas com a utilização de um protótipo em escala reduzida de um veículo ou aeronave em túnel de vento, jogos tabuleiro, simulação participativa, *role playing game* (RPG).

Já a simulação computacional objeto de estudo deste trabalho, é aquela que necessita de um computador para ser realizada, esta categoria de simulação pode ser subdividida em outras subcategorias como: estática ou dinâmica, determinística ou estocástica, discreta ou contínua.

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.

Muitas vezes, os modelos de simulação são empregados para analisar uma decisão com risco. Nestes casos, o fator que não é conhecido com certeza é considerado uma variável aleatória, tendo seu comportamento descrito por uma distribuição de probabilidade. Esse tipo de simulação é conhecida como simulação ou de método de Monte Carlo, a origem do nome veem em função das roletas dos cassinos, que podem ser vistas como artifícios para gerar eventos aleatórios ou incertos, um típico exemplo deste tipo de modelo é o lançamento de uma moeda ou jogo de dados.

Já em um modelo dinâmico as variáveis de estado do modelo são alteradas conforme o tempo evolui. A simulação dinâmica é útil para avaliação de diversos processos industriais como, por exemplo, linhas de montagens de automóveis ou mesmo para o estudo de operações de serviços. Os modelos de simulação determinísticos são construídos da mesma maneira que os probabilísticos ou estocásticos com exceção de que eles não contêm variáveis randômicas. Em uma simulação determinística 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.

Devido ao caráter aleatório ou randômico de suas variáveis, uma simulação estocástica necessita de um número maior de aplicações ou interações para produzir resultados precisos e confiáveis. Isso ocorre porque os dados de saída ou resultados do modelo também apresentam característica randômica. Para se determinar os resultados com precisão é necessário calcular os valores médios das métricas ou medidas de desempenho desejadas.

Um modelo de simulação de evento discreto é aquele no qual uma ação instantânea ocorre em um momento único. Na simulação de eventos discretos o relógio de simulação avança à medida que um evento ocorre e provoca uma alteração no estado do sistema (Loureiro, 2009).

Na simulação de evento contínuo a ação não cessa. Ele 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.

2.10. Simulação de Eventos Discretos

A simulação de eventos discretos (DES) é um método de simulação dinâmica, onde as variáveis de estado do modelo se alteram em momentos distintos no tempo como consequência da ocorrência de um evento específico.

Os elementos que compõem o sistema pode ser descrito como entidades, atividades, recursos e controles. Esses elementos definem quem, como, onde e quando ele vai ser processado modelos (Kelton, Sadowski e Sturrock, 2007). A Figura 15 mostra uma representação do sistema do ponto de vista do método (Harrell, Ghosh e Bowden Jr, 2004).

Entidades são elementos processados através do sistema, cada entidade pode ter características que as tornam diferentes umas das outras, como o formato, o custo, a prioridade, a qualidade ou condição (Harrell, Ghosh e Bowden Jr, 2004). De acordo com Kelton, Sadowski e Sturrock (2007) estas características são chamadas de atributos das entidades.

As atividades são tarefas executadas no sistema que pode estar envolvida direta ou indiretamente, com o processamento de entidades. Geralmente envolvem atribuição de tempo e o consumo de recursos.

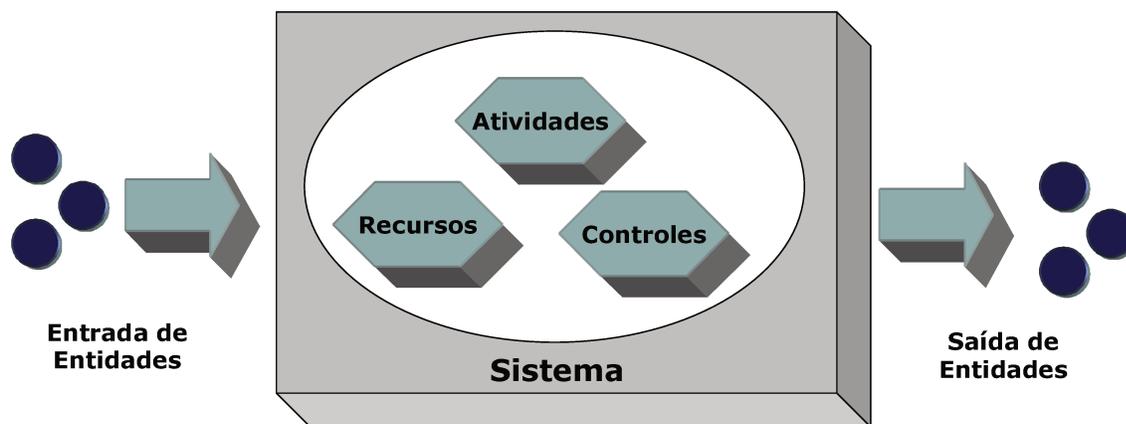


Figura 15 – Elementos do Sistema. Fonte: Harrell et al (2004)

Os recursos são meios para a execução das atividades. Capacidade, velocidade, tempo de ciclo e produtividade são características dos recursos (Harrell, Ghosh e Bowden Jr, 2004). Kelton, Sadowski e Sturrock (2007) chamam a atenção para outros elementos que fazem parte do modelo DES, estes são: variáveis globais, as filas e o relógio da simulação.

As características apresentadas do método DES o tornam ideal para a modelagem de sistemas que podem, naturalmente, ser representados por um processo ou sequência de operações, constituído de uma forte componente de variabilidade, que pode ser bem definida por uma distribuição de probabilidade (Lane, 2000; Banks *et al.*, 2004). Assim, a gama de aplicação do método DES varia de problemas operacionais para tático (Brailsford e Hilton, 2001; Borshchev e Filippov, 2004; Morecroft e Robinson, 2005).

Uma das principais vantagens do método reside na facilidade de representação do modelo através do uso de funções pré-definidas e blocos de construção (Sakurada e Miyake, 2009). As principais desvantagens e limitações do método estão relacionadas com a dificuldade de representação

processos complexos, com a pontos múltiplos e em paralelo de decisão, como, por exemplo, os que podem ocorrer em um modelo que simula comportamento de multidões (Mayo e Wichmann, 2003; North e Macal, 2007; Sakurada e Miyake, 2009), ou problemas como o roteamento dinâmico e problemas de agendamento.

2.11. Dinâmica de Sistemas

A Dinâmica de Sistemas (SD) estuda o comportamento dos sistemas ao longo do tempo. O método foi desenvolvido por Jay Forrester (Forrester, 1961) a partir de conceitos da teoria de servo -mecanismos e aponta para uma visão de mundo onde as inter-relações e suas estruturas influenciam os sistemas que nos cercam (Sanches, 2009).

Vennix (1996) argumenta que a estrutura hierárquica dos modelos SD é composta por quatro níveis: limites fechados, *loops de feedback*, os estoques e fluxos, metas, condições observadas, as discrepâncias entre os objetivos e as condições observadas e as ações desejadas.

A dinâmica de sistemas tem duas línguas fundamentais: os diagramas causais e os diagramas de estoques-fluxo (Sterman, 2000). Estes dois idiomas permitem o modelador representar graficamente o sistema que está sendo modelado e, além disso são a base para a construção de modelos computacionais que permite a simulação de diferentes políticas e cenários (Sterman, 2000; Morecroft, 2007; Sanches, 2009).

Diferentemente de outras abordagens de simulação abordados neste trabalho, SD é um método de modelagem e simulação contínuo. No entanto, o principal diferencial do método reside na sua capacidade representam as relações não- lineares entre as diversas variáveis do sistema (Sterman, 2000). Esta característica é extremamente útil para compreender os padrões do sistema e seu comportamento a longo prazo, frente a adoção de diferentes políticas e cenários de gestão (Lane, 2000; Mayo e Wichmann, 2003; Morecroft e Robinson, 2005; Sanches, 2009)

Como consequência, os modelos SD são agregados e têm alto nível de abstração (Mayo e Wichmann, 2003; Borshchev e Filippov, 2004). Assim, uma das limitações do método é a representação de processos detalhados como os processos de eventos discretos ou atividades que têm tempo de duração fixa (North e Macal, 2007).

Mayo e Wichmann (2003) e North e Macal (2007) apontam a limitação de outro método está em sua incapacidade para modelar entidades complexas, que possuem características de decisão heterogênea.

2.12. Modelagem Baseada em Agentes

Modelagem e Simulação Baseada em Agentes (ABMS) é um método de modelagem e simulação computacional utilizado para compreender e analisar sistemas compostos de diversos agentes que interagem (North e Macal, 2007; Gilbert, 2008).

De acordo com North e Macal (2007), o princípio básico da ABMS é que os sistemas são maiores do que a simples soma dos seus componentes, de fato, o comportamento do sistema emerge das inter-relações entre estes vários componentes. Onde cada um destes componentes tem seu próprio conjunto de regras e comportamentos, o que lhes fornece a capacidade de afetar maior ou menor grau o comportamento global do sistema (North e Macal, 2007).

De acordo com Jennings, Sycara e Wooldridge (1998) o conceito de agente tem despertado o interesse de pesquisadores de diferentes áreas da ciência como: inteligência artificial, programação orientada a objeto e design de interface computador-homem e outras. Segundo Bandini, Manzoni e Vizzari (2009), Schieritz e Milling (2003) e Borshchev e Filippov (2004) a modelagem baseada em agentes vem sendo aplicada principalmente em conjunto com a ciência da complexidade e da teoria dos jogos no desenvolvimento de modelos de simulação de sistemas socioeconômicos como para elaboração de cenários em logística e transportes, planejamento de redes, e para sistemas biológicos utilizados para o planejamento urbano, modelos de infecção etc. Este tipo de modelo é particularmente adequado para enfrentar situações de tomada de decisão descentralizada, como as que ocorrem em sistemas emergentes, auto-organizados, com interações do tipo local-global (Axelrod e Tesfatsion, 2006; Bandini, Manzoni e Vizzari, 2009). Macal e North (2005) apresentam no Quadro 15 algumas áreas de aplicações da modelagem baseada em agentes.

Diferentemente dos outros paradigmas de modelagem, muitos dos conceitos-chave da ABMS carecem de uma definição universal (Jennings, Sycara e Wooldridge, 1998; Schieritz e Milling, 2003; Borshchev e Filippov, 2004). Para os autores isto ocorre em função da diversidade de áreas da ciência que utilizam o conceito de agentes. Axelrod (2006) afirma que esta diversidade é uma das forças da ABMS, uma vez que permite ao pesquisador estudar problemas que superam fronteiras arbitrárias entre disciplinas, fornecendo uma ferramenta multidisciplinar útil quando uma abordagem de programação matemática é inviável. Baseado em sua experiência com a modelagem baseada em agentes o autor apresenta os seguintes argumentos a favor desta perspectiva: a ABM pode resolver certos problemas que são fundamentais para muitas disciplinas

e revelar elementos de unidade entre elas; devido ao seu caráter interdisciplinar ela facilita a colaboração entre pesquisadores de áreas distintas e fornece uma ferramenta multidisciplinar útil quando o tratamento matemático de um problema é inviável.

Bonabeau (2002) aponta três benefícios da ABMS sobre outras técnicas de modelagem: a) capta fenômenos emergentes; b) fornece uma descrição natural do sistema; e c) é flexível. Para Axelrod e Tesfatsion (2006) a ABMS é um método adequado para o estudo de sistemas que possuem propriedades emergentes.

<p>Negócios e Organizações</p> <ul style="list-style-type: none"> • Operações de Fabricação; • Redes de Abastecimento; • Mercados Consumidores; • Indústria de Seguros. <p>Economia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mercados financeiros artificiais; • Redes de Comércio. <p>Infraestrutura</p> <ul style="list-style-type: none"> • Os mercados de energia elétrica; • Transporte; • Infraestrutura de hidrogênio. <p>Multidões</p> <ul style="list-style-type: none"> • Circulação de pedestres; • Modelagem de evacuação; 	<p>Sociedade e Cultura</p> <ul style="list-style-type: none"> • civilizações antigas; • A desobediência civil; • Determinantes Sociais do terrorismo; • Redes Organizacionais; <p>Militar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comando e controle; • Força-em-vigor <p>Biologia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dinâmica de População; • Redes ecológicas; • Comportamento de grupos animais; • Comportamento celular e sub processos celulares.
---	--

Quadro 15 – Aplicações de modelagem baseada em agentes. Fonte: Macal e North (2005)

Assim como os outros métodos de modelagem e simulação, ABMS tem algumas limitações e desvantagens. A falta de um padrão e definições conceituais, já discutido anteriormente, pode fornecer um sério impedimento para a adoção e desenvolvimento do método. Uma consequência desta limitação é refletida nas ferramentas ABMS, pouco amigáveis aos usuários, o que pode representar uma barreira para adoção do método, este aspecto em particular foi muito importante para a popularização dos outros dois métodos discutidos anteriormente.

Outra limitação é apontada por Axelrod (2006), de acordo com autor a ABMS é uma técnica de pesquisa ainda pouco difundida, assim existe resistência de pesquisadores que utilizam outros métodos de modelagem e simulação, como os baseados em modelos matemáticos, quanto a validade dos estudos realizados com ABMS. O autor ressalta que esta resistência ocorre por desconhecimento das técnicas de validação empregadas no processo de desenvolvimento dos modelos de ABMS.

Outra desvantagem do método são altas exigências computacionais de ABMS quando se trata da modelagem de grandes sistemas. ABMS olha para um sistema não no nível de agregação, mas a nível das suas partes constituintes e simular o comportamento de todas as unidades podem ser uma situação de cálculo extremamente intensivo e, portanto, moroso (Bonabeau, 2002). O desenvolvimento de técnicas de computação em paralelo tem reduzido sensivelmente esta desvantagem e ampliado o limite de construção e aplicação dos modelos em ABMS.

A ABMS possui duas estruturas básicas: o ambiente e os agentes. Gilbert (2008) define ambiente como o espaço simulado no qual um agente é encontrado incluindo os elementos físicos e outros agentes. Bandini, Manzoni e Vizzari (2009) afirmam que o ambiente é responsável pela dinâmica global do modelo combinando os efeitos da influência individual de cada agente, para os autores no contexto específico de simulação do ambiente é tipicamente responsável por:

- Refletindo / gerir a estrutura do arranjo físico / social do sistema global;
- Incorporação, apoiando a regulamentação do acesso aos objetos e partes do sistema que não são modelados como agentes;
- Apoiar a percepção do agente e situando a ação;
- Manter a dinâmica interna;
- Definição / aplicação das regras.

Segundo Foner (1993) na década 90 ocorreu uma proliferação de referências a agentes tanto em meios técnicos como na imprensa. Rocha (1999) afirma que o termo agente vem sendo empregado nos dias de hoje para designar qualquer coisa entre uma simples rotina computacional até uma entidade consciente, como consequência encontram-se na literatura diferentes definições de agentes e suas propriedades. Bandini, Manzoni e Vizzari (2009) alertam que a noção de agente é controversa mesmo dentro da comunidade científica que trabalha com Modelagem Baseada em Agentes.

Holland (1995) define agentes como elementos baseados em regras de entrada e saída, sendo estas capazes de adaptar-se ao ambiente. Segundo o autor estas regras definem a estratégia de comportamento utilizada pelos agentes para lidar com o ambiente em transformação.

Franklin (1997) define agente como um sistema situado no interior e parte do ambiente, sendo capaz de “sentir” e agir sobre este, ao longo do tempo, em busca de uma agenda própria e assim afetá-lo no futuro.

Para Castelfranchi, Conte e Pailucci (1998) um agente opera transições entre estados do ambiente simulado por meio de regras simples e em razão de seu conhecimento prévio sobre os outros agentes ou sobre o ambiente, sendo capaz de aprender através da comunicação e experiência anterior.

Rocha (1999) afirma que para um objeto ser considerado um agente, este deve demonstrar algum grau de autonomia de ação que permita a ele de alguma forma se distinguir do ambiente em que está inserido através de algum tipo de limite espacial, temporal ou funcional. O que segundo o autor permitiria a este agente fazer escolhas ou tomar decisões influenciando o estado do ambiente.

Para Gilbert (2008) agentes são:

“... programas de computador separados ou mais comumente, partes distintas de um programa que são usados para representar atores sociais (pessoas, organizações, entidades ou nações). Eles são programados para reagir ao ambiente computacional em que estão localizados, onde este ambiente é um modelo do ambiente real onde os atores sociais operam.”

Holland (1995) apresenta também sete princípios ou características dos agentes que explicam seu comportamento adaptativo, para o autor estas características podem ser subdivididas em propriedades ou mecanismos:

1. Agregação (propriedade): esta propriedade apresenta-se em dois níveis, o primeiro no nível do agente representa sua capacidade de lidar com o ambiente, agrupando elementos de características comuns e ignorando os que apresentam diferenças. O segundo apresenta-se em nível coletivo, ocorrendo a partir da agregação de comportamento de agentes individuais conduzindo a padrões de comportamento ou organização coletivos.

2. Marcação (mecanismo): agentes precisam ser individualizados, ao receberem uma identidade torna-se mais fácil sua seleção, especialização de tarefas, cooperação e a definição de estratégias.

3. Não linearidade (propriedade): os processos de agregação em nível coletivo dos agentes na maioria das vezes possuem comportamento não linear, o que implica que estes não podem ser decomposto de forma linear em cadeias de causa e efeito.
4. Fluxos (propriedade): representa a capacidade dos agentes de promover conexões para transferência de matérias e informações;
5. Diversidade (propriedade): agentes são heterogêneos, podem exercer funções ou comportamentos diferentes.
6. Modelos internos (mecanismo): permitem organizar as regras que produzem o comportamento do agente e podem ser usados para antecipar repostas do ambiente. Podem ser divididos em dois tipos: implícitos, que prescrevem uma ação em curso no âmbito de uma previsão implícita, isto é, regras de comportamento inatas do agente; explícitos, que utilizam memórias ou experiências armazenadas para o processo de decisão, o que permite aos agentes explicitarem alternativas de comportamento.
7. Construção em blocos (mecanismo): agentes são construídos através de componentes básicos. Este tipo de construção permite que a recombinação e/ou adição de componentes produza um novo agente com comportamento e objetivos diferentes.

Wooldrige e Jennings (1995) afirmam que agentes são convencionalmente descritos como tendo quatro propriedades importantes:

- Autonomia: agentes operam sem a intervenção direta de seres humanos ou outros, além de possuírem algum tipo de controle sobre seu estado interno e suas ações;
- Habilidade social: agentes interagem com outros agentes através de algum tipo de comunicação ou linguagem;
- Reatividade: agentes percebem o ambiente em que estão inseridos e respondem às mudanças que nele ocorrem;
- Pró-atividade: agentes não só respondem as mudanças percebidas no ambiente como são capazes de tomar a iniciativa que provocará alterações no sistema;

Schieritz e Milling (2003) realizaram uma extensa, porém não exaustiva pesquisa bibliográfica sobre propriedades dos agentes. As propriedades identificadas pelos autores e suas definições são apresentadas no Quadro 16.

Gilbert (2008) apresenta como propriedades dos agentes:

1. Percepção: capacidade de determinar quais objetos e agentes estão localizados em sua vizinhança.
2. Representação: capacidade de representar um conjunto de comportamentos ou atividades como: movimento, comunicação e ações.
3. Memória: capacidade de registrar suas percepções de ações e estados anteriores;
4. Política: possuem um conjunto de regras, heurísticas ou estratégias que determina dada a sua situação ou história quais os comportamentos que eles irão realizar.

Propriedades	Descrição
Pro atividade	Capacidade de tomar a iniciativa, a fim de atingir metas
Situacionalidade	O agente é incorporado em seu ambiente, sentindo e agindo sobre este.
Reatividade	Capacidade de reagir em tempo hábil a mudanças no ambiente
Autonomia	Capacidade de controlar suas próprias ações e estado interior
Habilidade Social	Capacidade de interação e comunicação com outros agentes, por vezes mesmo sensibilização de outros agentes
Antropomorfia	Possuir atributos humanos como crenças e intenções por exemplo.
Aprendizagem	Capacidade de melhorar seu desempenho ao longo do tempo baseado em experiência anterior.
Continuidade	Processo de execução temporalmente contínuo
Mobilidade	Capacidade de se movimentar no espaço físico simulado, por vezes mesmo entre diferentes máquinas.
Finalidade Específica	Projetados para realizar tarefas bem definidas

Quadro 16 – Propriedades dos agentes. Fonte: Schieritz e Milling (2003)

North e Macal (2007) definem agentes como componentes de tomada de decisões em sistemas adaptativos complexos, para os autores um agente é um indivíduo que possui um conjunto de atributos e características comportamentais. Os atributos definem o que um determinado agente é, e as características comportamentais definem o que o agente faz. Os autores associam as seguintes características aos agentes: adaptação; capacidade de aprender e modificar seu comportamento; autonomia; e heterogeneidade, resultando em uma população de agentes com características diversas. O Quadro 17 exemplifica as definições apresentadas acima por North e Macal (2007).

Agente consumidor de produtos esportivos	Empresa
Atributos: 1. Idade; 2. Sexo; 3. Renda; 4. Produtos preferidos; 5. Serviços preferidos; 6. Histórico de compras; 7. Etc.	Atributos: 1. Recursos; 2. Tempo de resposta; 3. Meta de lucros; 4. Metas de volume; 5. Metas de participação no mercado; 6. Tolerância ao risco; 7. Etc.
Comportamentos: 8. Resposta a eventos imprevistos; 9. Operações diárias; 10. Operações semanais; 11. Planejamento anual; 12. Etc.	Comportamentos: 8. Utiliza produtos; 9. Recebe serviços; 10. Compra; 11. Não se interessa por outra categoria de produtos (inativo); 12. Etc.

Quadro 17 – Exemplos de agentes, propriedades e atributos. Fonte: North e Macal (2007)

2.13. Análise Comparativa das Abordagens de Simulação

O processo de modelagem computacional independentemente da técnica de modelagem escolhida possui etapas de desenvolvimento similares, porém poucos são os trabalhos na literatura que analisam comparativamente as técnicas.

A maioria dos trabalhos é específico a uma determinada técnica concentrando-se na apresentação da mesma e no desenvolvimento do modelo, considerando suas principais vantagens e potenciais aplicações. As poucas análises comparativas encontradas na literatura são em maioria diádicas, principalmente das técnicas de modelagem mais empregadas atualmente: simulação de eventos discretos (DES) e dinâmica de sistemas (SD). Na sequência são apresentadas as análises comparativas encontradas na literatura para as diferentes abordagens.

Lane (2000) identificou diferenças conceituais entre a Simulação de Eventos Discretos e a Dinâmica de Sistemas, estas diferenças são apresentadas no Quadro 18. Para o autor as diferenças fundamentais entre as duas técnicas residem na perspectiva na modelagem, analítica na técnica de simulação de eventos discretos e holística em dinâmica de sistemas; na forma de resolução dos modelos, processual nos modelos DES enquanto SD utiliza comportamentos emergentes e políticas; fontes de dados, para um modelo DES os dados numéricos fundamentais, já em um modelo de SD os dados podem ser mais gerais e o elemento mais importante é entender as relações de causa e efeito entre as variáveis do modelo; outra diferença entre as técnicas reside nos tipos de problemas estudados para o autor o principal foco de pesquisa de um modelo DES está nos problemas operacionais enquanto os modelos de SD devem ser aplicados a problemas estratégicos.

Brasilford e Hilton (2001) compararam as técnicas de Simulação de Eventos Discretos (DES) e dinâmica de sistemas (SD). Os autores consideram em sua análise elementos como escopo da modelagem, escala de tempo, importância da variabilidade e ações individuais. O Quadro 19 apresenta este comparativo.

	DES – Simulação de Eventos Discretos	SD – Dinâmica de Sistemas
<i>Perspectiva</i>	Analítica: ênfase na complexidade detalhada	Holística: ênfase na complexidade dinâmica
<i>Resolução dos modelos</i>	Entidades individuais, atributos, decisões e eventos	Entidades homogêneas, pressões por políticas homogêneas e comportamentos emergentes
<i>Fonte de Dados</i>	Primeiramente numéricos com alguns elementos críticos	Descrito de um modo geral
<i>Problemas estudados</i>	Operacional	Estratégico
<i>Elementos do modelo</i>	Físicos, tangíveis e alguns informativos	Físicos, tangíveis, críticos e ligações de informação
<i>Agentes humanos são representados no modelo como</i>	Tomadores de decisão	Implementadores de políticas racionais limitadas
<i>Cientes acham o modelo</i>	Opaco/Escuro, “caixas cinzas”, no entanto, convincentes	Transparente/macio, “caixas de vidro”, no entanto forçados
<i>Resultados do modelo</i>	Pontos definidos e indicadores de desempenho medidos através de uma faixa de parâmetros, regras de decisão e cenários	Entendimentos dos modos de comportamentos das estruturas de origem, localização de indicadores de desempenho chave e níveis eficientes de políticas

Quadro 18- Diferenças conceituais entre simulação de eventos discretos e dinâmica de sistemas. Fonte: Lane (2000).

Schieritz e Milling (2003) analisaram comparativamente as abordagens de Simulação Baseada em Agentes (ABMS) e Dinâmica de Sistemas (SD), o Quadro 20 apresenta os resultados desta análise. Os autores apontam diferenças no bloco básico de construção do modelo, perspectiva da modelagem, unidade de análise, nível de modelagem, controle do tempo, formulação matemática e origem da dinâmica do modelo.

Mayo e Wichmann (2003) comparam as abordagens de Dinâmica de Sistemas e Simulação de Eventos Discretos o Quadro 21 apresenta uma síntese desta análise.

	DES	SD
Escopo	Operacional, tático	Estratégico
Importância da variabilidade	Alta	Baixo
Importância das ações individuais	Alta	Baixa
Número de <i>entities</i>	Pequeno	Grande
Controle	Ações	Taxas
Escala de tempo	Curto	Longo
Propósito	Decisões: otimização, previsão e comparação	Políticas: “entender o sistema”

Quadro 19 - Comparativo entre simulação de eventos discretos e a dinâmica de sistemas. Fonte: Brailsford e Hilton (2001)

	Dinâmica de Sistemas	Simulação Baseada em Agentes
Bloco Básico de Construção	Ciclos de retroalimentação	Agente
Unidade de Análise	Estrutura	Regras
Nível de Modelagem	Macro	Micro
Perspectivas	<i>Top-down</i>	<i>Botton-up</i>
Adaptação	Mudança na estrutura dominante	Mudança na estrutura
Manipulação do Tempo	Contínuo	Discreto
Formulação Matemática	Equações integrais	Lógica
Origem da dinâmica	Níveis	Eventos

Quadro 20 – SD versus ABM. Fonte: Schieritz e Milling (2003)

	Dinâmica de Sistemas	Simulação de Eventos Discretos
Uso de dados	Dados usados para inicializar a simulação ponto de partida e para representar variáveis exógenas	Dados são necessários para descrever entidades e processos. Modelo é impulsionado pelo conjunto de dados subjacente.
Fronteira do modelo	Bastante Variável	Limitado por restrições práticas quanto ao número de eventos representados
Ciclos de retroalimentação	Fundamentais para representar as relações de causa e efeito	Utilizado apenas para questões específicas
Representação de fatores sociais	Podem ser representados como uma variável do modelo	Podem ser incluídos e quantificados através de dados externos.
Nível de detalhamento	Agregado	Detalhado
Natureza do Fluxo	Contínuo	Discreto
Validação/calibração	Envolve testes da estrutura de ciclos de retroalimentação, verificando sua robustez por longos períodos e através de variações de parâmetros	Testar se um conjunto de dados de entrada conhecido é capaz de reproduzir um conjunto de dados de saída conhecidos
Período de Simulação	Longo	Curto ou Longo
Visualização da simulação e de seus resultados	Visualização da simulação não é foco. Resultados apresentados ao final.	Visualização suportada por ferramentas gráficas e resultados apresentados durante e após a simulação

Quadro 21a – Síntese da comparação entre SD e DES. Fonte: Mayo e Wichmann (2003)

	Dinâmica de Sistemas	Simulação de Eventos Discretos
Representação de entidades complexas e interações locais não lineares	Difícil	Difíceis de modelar, porém mais fácil que em SD
Dimensões espaciais	Não suportado	Bem suportado
Média de possíveis futuros	Inerente ao modelo	Executada através de várias simulações de curto período
Impacto de eventos estocásticos	Raramente modelado	Comumente modelado
Modelagem conceitual e qualitativa	Reconhecida como importante e tratada como tal	Reconhecida como importante, mas às vezes ignorada

Quadro 21b – Síntese da comparação entre SD e DES. Fonte: Mayo e Wichmann (2003)

Morecroft e Robinson (2005) sintetizam as diferenças encontradas em seu estudo comparativo entre Dinâmica de Sistemas e Simulação de Eventos Discretos no Quadro 22. As principais diferenças entre os métodos apontadas pelos autores se encontram na forma de representação dos modelos e de interpretação dos sistemas. Quanto às diferenças de representação os autores apontam que os modelos SD apresentam estruturas de modelagem padrão que se repetem, já nos modelos DES este tipo de padronização não são recorrentes, os modelos SD utilizam estoques e fluxos para representar os sistemas enquanto nos modelos DES os sistemas são representados por filas e processos. Outra importante diferença de representação ocorre com os ciclos de retroalimentação facilmente identificáveis nos modelos de SD e implícitos nos modelos de DES. Quanto à forma de interpretação dos sistemas Morecroft e Robinson (2005) chamam atenção para importância dos ciclos de retroalimentação e atrasos que são vitais aos modelos de SD e pouco importantes nos modelos de DES. Já no caso do processo randômico ocorre uma inversão, ele é fundamental para os modelos DES e pouco importante na representação de um modelo SD. Para SD a estrutura do sistema conduz o seu comportamento, já em DES o processo randômico determina o comportamento do sistema.

Dinâmica de Sistemas (SD)	SIMULAÇÃO - EVENTOS DISCRETOS (DES)
REPRESENTAÇÕES	
Sistema representado como estoque e fluxos	Sistema representado como filas e atividades (processos)
<i>Retroalimentação</i> explícito	<i>Retroalimentação</i> implícito
Muitas relações são não lineares	Muitas relações são lineares
Não randômico (incluído nos atrasos)	Randômico claramente modelado
Crescimento/Decadência modelado como exponencial ou <i>s – shaped</i> (curva S)	Crescimento/Decadência representado como randômico, geralmente com etapas discretas, isto é, como pontos isolados
Existem estruturas de modelagem padrão repetem –se, isto é, processos de ajustes de estoques (taxas)	Geralmente, não existem estruturas de modelagem padrão
Formatos de diagramas padrão	Não existem formatos de diagramas padrão
INTERPRETAÇÕES	
<i>Retroalimentações</i> e atrasos são vitais para o desempenho do sistema	<i>Retroalimentações</i> e atrasos não são enfatizados
Processo randômico não é, geralmente, importante para o desempenho do sistema	Processo randômico é um elemento vital para o desempenho do sistema
Estrutura conduz o comportamento do sistema	Processo randômico conduz o comportamento do sistema

Quadro 22 - Diferenças entre DES e a DS. Fonte: Morecroft e Robinson (2005)

Sakurada e Miyake (2009) analisaram comparativamente duas abordagens de simulação, a simulação baseada em agentes (ABMS) e a simulação de eventos discretos (DES), para os autores uma das principais diferenças entre as abordagens reside na capacidade da ABMS em oferecer uma maior variedade de representações de comportamentos das entidades em comparação a representação de fluxos de processos da DES. Outra diferença encontra-se na limitada capacidade de decisão das entidades de um modelo DES frente aos agentes da ABMS, para conseguir esta capacidade de decisão em um modelo DES, é necessário incluir e programar

um grande número de pontos de decisão ao longo dos possíveis trajetos das entidades, o que resultaria em substancial aumento do tempo de modelagem e tornaria extremamente complexo o processo de verificação e validação do modelo. O Quadro 23 apresenta um resumo das principais funcionalidades e diferenças entre as duas abordagens.

Elemento de Modelagem		Simulação de Eventos Discretos (DES)	Simulação Baseada em Agentes (ABMS)
Entidades e Recursos	Individualização das entidades e recursos	Ignora a variação de desempenho das entidades e seus comportamentos "pró-ativos". Porém, possibilita definir grupos distintos de entidades com características em comum que seguem fluxos distintos no processo.	O comportamento de cada entidade é individualizado, definido através de estados, acionado por eventos, mensagens ou condições do sistema. Possibilita modelar grupos heterogêneos e suas interações, nas quais cada agente pode ter incentivos e motivações particulares.
	Comunicação / Interação entre entidades e recursos	A interação entre recursos e entidades é modelada em nível agregado, não sendo detalhado o fluxo de comunicação entre entidades e/ou recursos e sua influência no processo simulado.	A comunicação/interação pode ocorrer entre entidades e/ou recursos. A troca de informações pode alterar o comportamento dos elementos e influenciar as ações tomadas no sistema simulado.
	Movimentação das entidades e recursos no modelo	Dificuldade para simular caminhos imprevisíveis das entidades. Todas as definições de processo e rotas devem ser predeterminadas no fluxo do processo durante a programação do modelo através de pontos de decisão previamente programados.	Possibilita livre movimentação das entidades no sistema simulado de acordo com os estímulos do ambiente que são recebidos e processados pelas entidades e/ou recursos. Não requer que as rotas que podem ser percorridas sejam previamente determinadas.
Processos	Definição do fluxo de Atividades / Esperas / Filas	Funções e blocos predefinidos facilitam a modelagem. O comportamento global do sistema (interações e fluxos) é definido previamente em nível macro (<i>topdown modeling</i>).	Modelos descentralizados, ou seja, o comportamento das entidades é feito em nível micro (individual) e o comportamento global do sistema emerge das interações individuais (<i>bottom-up modeling</i>)
Reconfiguração do modelo na simulação	Transição de estados das entidades e recursos	Dificuldade em reprogramação de entidades e recursos durante a simulação. É preciso rodar diferentes rodadas de simulação para analisar comportamentos dinâmicos.	A transição de estados possibilita modelagem de cenários flexíveis que podem ser reconfigurados durante a simulação. Possibilita programar comportamentos distintos (estados) acionados por alterações do ambiente de simulação.

Quadro 23 – Comparação entre DES e ABMS. Fonte: Sakurada e Miyake (2009)

Borshchev e Filippov (2004) apresentam uma análise comparativa entre quatro abordagens de simulação: dinâmica de sistemas, simulação baseada em agentes, simulação de eventos discretos e sistemas dinâmicos. Para os autores as principais diferenças entre os métodos residem na forma de controle do tempo que pode ser discreto ou contínuo, e no nível de abstração dos modelos. Quanto mais abstratos os modelos menor é seu nível de detalhamento, delimitando-se um campo de aplicação a problemas estratégicos. No outro extremo, estão os modelos com baixo nível de abstração, são modelos extremamente detalhados, cujo campo de aplicação são problemas operacionais. A Figura 16 ilustra esta análise posicionando as abordagens de simulação quanto ao grau de abstração do modelo e a Figura 17 o apresenta algumas aplicações de simulação em escala de nível de abstração.

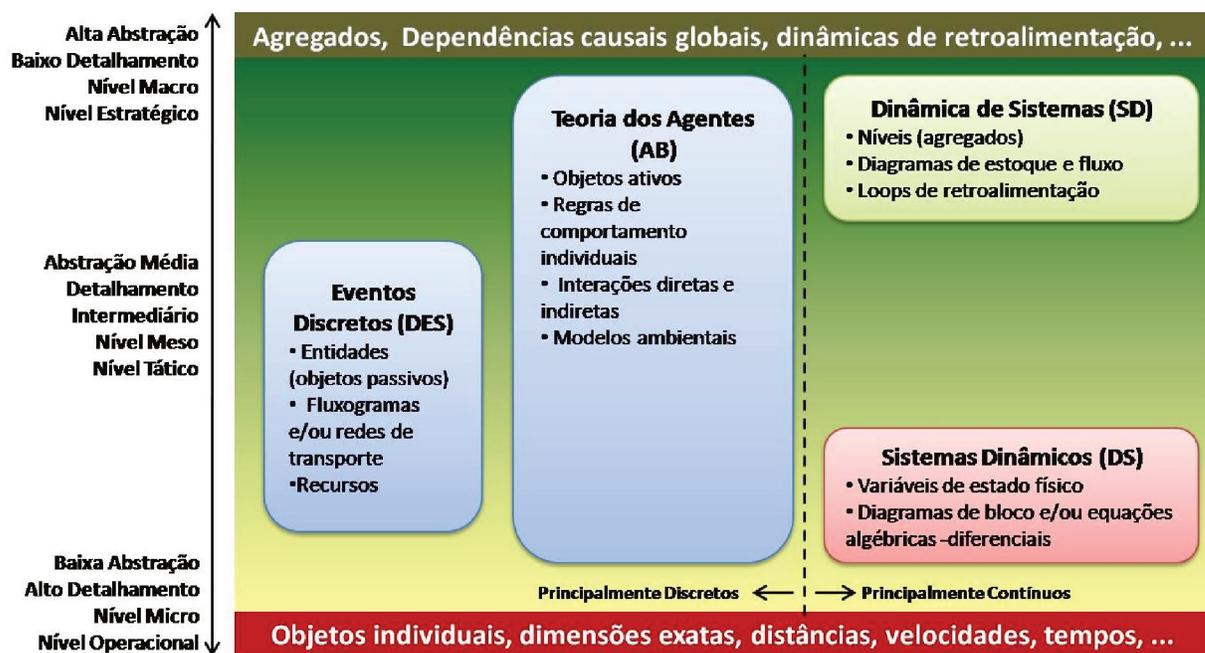


Figura 16- Abordagens de simulação versus nível de abstração dos modelos. Fonte Borshchev e Filippov (2004).



Figura 17 – Aplicações de simulação versus o grau de abstração do modelo. Fonte Borshchev e Filippov (2004).

North e Macal (2007) analisaram sete diferentes técnicas de modelagem, consideradas pelos autores como as mais comuns em uso hoje. Sua análise avaliou as técnicas considerando sua finalidade, capacidade, os tipos de aplicações a que são mais apropriadas, além de discutir as limitações ou desvantagens de aplicação. O sintetiza as análises desenvolvidas pelos autores e aponta um viés, os autores não identificam desvantagens e limitações para técnica de Modelagem Baseada em Agentes, este viés pode ser atribuído a preferência dos autores pela técnica de ABMS em seus trabalhos, um conjunto de desvantagens e limitações da técnica foi apresentado na seção 2.12.

Técnicas de modelagem	Quando usar	Limitações e Desvantagens
Dinâmica de sistemas	<p>Para determinar como um sistema muda ao longo do tempo;</p> <p>Para entender os padrões de transição do sistema e seu comportamento de longo prazo.</p> <p>Para descobrir se o sistema contém instabilidades inerentes.</p>	<p>Ênfase em processos fixos que não alteram a estrutura nem as inter-relações do sistema.</p> <p>Necessidade de definir processos que não são totalmente conhecidos; e dificilmente podem ser modelados em um alto nível de agregação.</p> <p>Dificuldade de modelagem de aprendizagem ou adaptação de componentes do sistema.</p> <p>Dificuldade de modelar eventos discretos ou atividades de duração fixa.</p>
Simulação de eventos discretos	<p>Para simular um processo complexo que progride com o avançar do tempo.</p> <p>Para processos e relações entre processos que não se alteram ao longo do tempo, e são bem conhecidos e definidos.</p> <p>Para expressar importantes fatores que têm um forte elemento de variabilidade ou incerteza, podendo esta ser bem definida por uma distribuição de probabilidades.</p>	<p>Há uma ênfase em conjuntos de processos fixos e suas relações que são tipicamente definidas no início da simulação, ao invés de serem geradas na simulação.</p> <p>Alterações na estrutura do sistema ao longo do tempo não são capturadas. Uma simulação de eventos discretos típica não pode ser solicitada a identificar o melhor conjunto de processos para a gestão de uma cadeia de abastecimento.</p> <p>Processos complexos com vários níveis de tomada de decisão podem ser cada vez mais difíceis de modelar com a abordagem padrão de eventos discretos.</p>

Quadro 24a – Aplicações e limitações das diferentes abordagens de simulação. Fonte North e Macal (2007)

Técnicas de modelagem	Quando usar	Limitações e Desvantagens
Simulação Participativa	<p>Como ferramenta de ensino para a formação de transmitir conhecimentos aos participantes.</p> <p>Para entender o comportamento que as pessoas podem apresentar e quais as estratégias que podem desenvolver em resposta a situações específicas.</p> <p>Para compreender como os participantes interagem e qual é a sua postura no trato com os outros.</p>	<p>Limitada a um pequeno grupo de participantes, dada a dificuldade de coordenar grandes grupos;</p> <p>Limitado período de simulação, em função da dificuldade de manter o foco por grandes períodos;</p> <p>Necessidade de se adotar poucas regras de comportamento.</p>
Modelos de otimização	<p>Há uma necessidade de encontrar a melhor solução de um conjunto de alternativas matematicamente bem definidas;</p> <p>Há acordo sobre a função objetivo, e a função objetivo pode ser quantificada;</p> <p>A fragilidade da formulação e solução do modelo não é uma consideração importante;</p> <p>Os dados do problema de otimização e a estrutura do problema são relativamente estáveis.</p> <p>Há um caminho claro dentro da organização para implementar a solução ótima.</p>	<p>Dificuldade em identificar e quantificar o que se deseja otimizar;</p> <p>Fragilidade da formulação do modelo;</p> <p>Dificuldade prática na implementação da solução ótima do modelo</p>

Quadro 24b – Aplicações e limitações das diferentes abordagens de simulação. Fonte North e Macal (2007)

Técnicas de modelagem	Quando usar	Limitações e Desvantagens
Modelos estatísticos	<p>Pouco se sabe ou pode ser conhecido sobre o processo de funcionamento interno;</p> <p>Os dados estão prontamente disponíveis sobre saídas do sistema de entradas.</p> <p>As relações de um pequeno número de saídas devem ser relacionadas com os sistemas de insumos.</p> <p>Há razões para acreditar no processo histórico indica algo sobre como o processo irá se comportar no futuro.</p> <p>O processo não muda muito rapidamente, pelo menos não em relação ao prazo para que as informações do modelo serão utilizadas.</p>	<p>As relações derivadas dos modelos estatísticos são frágeis. Alterações na estrutura do sistema ao longo do tempo não são capturadas.</p> <p>Os modelos não são sensíveis a muitas suposições ou passíveis de avaliar cenários do tipo "what if".</p> <p>Falta aos modelos estatísticos a capacidade de representação espacial. Os modelos estatísticos são especificados em um conjunto dos principais fatores importantes, e isso pode incluir tempo, mas a inclusão de uma representação espacial não é uma parte padrão da modelagem estatística.</p>
Modelos de análise de risco	<p>Para analisar risco de forma integrada ou separada, por exemplo, uma empresa ou apenas uma unidade de negócio;</p> <p>São fáceis de construir e sua ideia principal é explícita.</p>	<p>Dificuldade de obtenção de dados creíveis.</p> <p>Os modelos de risco requerem a estimativa das probabilidades e possibilidades para os eventos que podem nunca ocorrer ou poderá nunca realmente ocorrer, o que torna a dificuldade para validar.</p> <p>Os modelos de risco são necessariamente focados em expor os piores resultados possíveis, em vez de descobrir as ações futuras que a empresa pode tomar. Modelos de risco não contemplam comportamento complexo, e pensamento não-linear</p>

Quadro 24c – Aplicações e limitações das diferentes abordagens de simulação. Fonte North e Macal (2007)

Técnicas de modelagem	Quando usar	Limitações e Desvantagens
Modelagem baseada em agentes	<p>Quando o problema tem uma representação natural através de agentes que interagem;</p> <p>Quando há decisões e comportamentos que podem ser definidos discretamente, isto é, com limites bem definidos;</p> <p>Quando é importante que os agentes se adaptem e mudem seu comportamento.</p> <p>Quando é importante que os agentes aprendam e se envolvam em comportamentos estratégicos dinâmicos;</p> <p>Quando é importante que os agentes têm uma dinâmica relações com outros agentes, e as relações entre agentes possam se forma e dissolver;</p> <p>Quando é importante que os agentes formem organizações, e adaptação e aprendizagem são importantes a nível da organização;</p> <p>Quando é importante que os agentes têm um componente espacial que influencia seus comportamentos e interações;</p> <p>Quando o passado pode ser um predador pobre do futuro;</p> <p>Quando ampliação de escala é importante, e ampliação consiste na adição de mais agentes e interações entre agentes.</p> <p>Quando o processo de mudança estrutural deve ser resultado do modelo, em vez um entrada para o modelo.</p>	

Quadro 24d – Aplicações e limitações das diferentes abordagens de simulação. Fonte North e Macal (2007)

Conforme mencionado anteriormente as diferentes análises comparativas encontradas na literatura concentram-se no estudo de duas técnicas de aplicação, os elementos de análise empregados são variados e não permitem, de forma direta, que os diferentes estudos sejam analisados em conjunto para que se obtenha um quadro geral das características, vantagens e desvantagens de cada método. O **Erro! Fonte de referência não encontrada.** resume as diferentes abordagens de simulação estudadas por cada autor e os elementos de análise considerados.

Autores	Técnicas Comparadas	Elementos de Análise
<i>Lane (2000)</i>	Simulação de Eventos Discretos (DES) e Dinâmica de Sistemas (SD)	Perspectiva, dados, campos de aplicação, principal bloco de construção, percepção do usuário
<i>Brasilford and Hilton (2001)</i>	Simulação de Eventos Discretos (DES) e Dinâmica de Sistemas (SD)	Escopo, variabilidade, ações individuais, entidades, controles, passagem do tempo, objetivos Principal bloco de construção, dados, perspectiva do modelo, passagem do tempo, nível de modelagem, fluxos.
<i>Mayo and Wichmann (2003)</i>	Simulação de Eventos Discretos (DES) e Dinâmica de Sistemas (SD)	Principal bloco de construção, unidade de análise, passagem do tempo, formulação matemática
<i>Schieritz and Milling (2003)</i>	Modelagem Baseada em Agentes (ABMS) e Dinâmica de Sistemas (SD)	Passagem do tempo, nível de modelagem e campos de aplicação
<i>Borshchev and Filippov (2004)</i>	Simulação de Eventos Discretos (DES) e Dinâmica de Sistemas (SD) e Modelagem Baseada em Agentes (ABMS)	Principal bloco de construção, relacionamentos e escopo
<i>Morecroft and Robinson (2005)</i>	Simulação de Eventos Discretos (DES) e Dinâmica de Sistemas (SD)	Quanto usar, desvantagens e limitações das técnicas
<i>North and Macal (2007)</i>	Simulação de Eventos Discretos (DES) e Dinâmica de Sistemas (SD) e Modelagem Baseada em Agentes (ABMS), simulação participativa, otimização, análise de riscos e modelagem estatística.	
<i>Sakurada and Miyake (2009)</i>	Modelagem Baseada em Agentes (ABMS) e Simulação de Eventos Discretos (DES)	Entidades e recursos, processos e reconfiguração do modelo

Quadro 25 – Resumo das análises comparativas de modelagem e simulação

No Quadro 26 é apresentado um resumo das principais diferenças dos métodos de modelagem e simulação com base nas análises apresentadas. O quadro proposto adota uma combinação do conjunto de elementos de análise encontrados na literatura.

	DES	SD	ABMS
Perspectiva	<i>top-down</i>	<i>top-down</i>	<i>bottom-up</i>
Escopo	Operacional ao Tático	Estratégico	Operacional ao Estratégico
Nível de Modelagem	Detalhado, Micro	Agregado, Macro	Individual, Micro
Principal Bloco de Construção	Processo	Estoques e fluxos, laços de reforço	Agente
Origem da Dinâmica do Modelo	Eventos e processos aleatórios	Estoques e atrasos	Eventos
Unidade de Análise	processos	Estrutura do sistema	Regras e Comportamentos Individuais
Estrutura do Sistema	fixa	fixa	variável
Passagem do Tempo	Discreto	Contínuo	Discreto ou Contínuo
Principal elemento de Formulação Matemática	Distribuições de Probabilidade	Equações Integrais	Lógica
Quando Usar	Para simular sistemas que podem naturalmente ser descritos através de processos e possuem elementos de variabilidade e incerteza.	Para entender padrões de transição do sistema e seu comportamento de longo prazo.	Para simular sistemas que possuem comportamento emergente, compostos por agentes que interagem
Principais Desvantagens e Limitações	Dificuldade em modelar sistemas complexos com múltiplos níveis de tomada de decisão e inabilidade para capturar mudanças na estrutura do sistema	Inabilidade de modelar processos detalhados e entidades complexas	Falta de padrão geral de modelagem, ferramentas de desenvolvimento pouco amigáveis, elevados requisitos de hardware para modelagem de grandes sistemas

Quadro 26 –Resumo das principais diferenças entre os métodos

Uma das principais contribuições do Quadro 26 é identificar de através de um elemento de análise comum as principais características dos métodos de simulação computacional. O quadro consiste em uma ferramenta de auxílio a escolha de um método de simulação computacional, porém ressalta-se que outros critérios devem ser considerados pelo pesquisador, como, por exemplo, a familiaridade com a técnica, a disponibilidade de dados e as características do problema.

3. MÉTODO

Conforme apresentado no capítulo 2, o Método de Simulação Baseada em Agentes tem como uma de suas principais características um processo de modelagem baseado na construção de um sistema emergente, desta forma, o comportamento global do sistema modelado surge da interação de componentes individuais. Esta abordagem de desenvolvimento difere de outras abordagens de simulação clássicas, como, a Dinâmica de Sistemas que exige do modelador uma grande habilidade de abstração ou da Simulação de Eventos Discretos que força o modelador sempre pensar o sistema a ser modelado como um processo, o que, em diversas situações representa um enorme desafio.

O processo de desenvolvimento de um modelo em ABMS pode ser expresso de forma sintética em: identificar, no sistema real, quais são os agentes importantes para a resolução do problema; compreender quais são os comportamentos relevantes destes agentes para o problema; e, finalmente, programar estes mesmos comportamentos no modelo computacional.

Na sequência deste capítulo será apresentada a justificativa da escolha do método e uma descrição do processo de desenvolvimento do modelo de simulação através da ABMS, também serão apresentados os principais *softwares* disponíveis e os critérios que levaram a escolha do *software Anylogic 6.90* para o desenvolvimento desta pesquisa.

3.1. JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO MÉTODO

A partir das considerações expostas no capítulo 2, onde foram descritos os diferentes métodos utilizados para abordar problemas de logística e cadeia de suprimentos, e dos aspectos expostos sobre a natureza e dinâmica dos relacionamentos optou-se por abordar o problema de modelagem dos relacionamentos entre empresas através do método de Modelagem e Simulação Baseada em Agentes (ABMS).

Dentre os principais fatores que corroboram para esta escolha estão:

- 1) A capacidade da ABMS em emular sistemas com diferentes níveis de abstração, sendo possível assim o tratamento de problemas de escopo operacional, tático e estratégico.
- 2) Por permitir a modelagem de comportamentos e regras individuais, características presentes no problema em estudo, e que podem ser exemplificadas através de decisões e políticas adotadas por uma empresa em seu processo de interação estratégica com clientes e fornecedores.

- 3) Ser uma técnica que permite representar de forma natural os processos interativos entre os agentes simulados através da troca de mensagens, conexões e movimentações. Esta característica adequa-se ao problema em estudo, o fluxo de informações entre empresas e a formação de conexões entre elas estão ligadas ao processo de construção das cadeias de suprimentos e ao desenvolvimento das atividades.
- 4) Ser capaz de representar sistemas emergentes e simular o comportamento do sistema em função das interações desenvolvidas entre os agentes, e entre os agentes e o ambiente. Para o problema em estudo, o desempenho da cadeia de suprimentos é influenciado pela dinâmica dos relacionamentos que apresenta-se como resultado das decisões individuais dos agentes, que reagem as decisões de outros agentes influenciando assim o comportamento global do sistema.

3.2. PROCEDIMENTO PARA DESENVOLVIMENTO DO MODELO

Na literatura são encontrados diversos procedimentos gerais para o desenvolvimento de uma modelagem baseada em agentes. De acordo com Macal e North (2006) as etapas gerais de desenvolvimento de um modelo ABMS são:

1. Identificar os agentes e seus atributos.
2. Definir o ambiente onde os agentes irão atuar e interagir
3. Especificar os métodos pelos quais os atributos dos agentes são atualizados em resposta tanto as interações entre agentes, bem como, em resposta as interações entre agentes e o ambiente.
4. Definir métodos que controlem a forma e a ordem de interação entre os agentes durante a simulação
5. Programar o modelo em uma plataforma de desenvolvimento computacional

Para o desenvolvimento desta pesquisa optou-se pelo processo de desenvolvimento proposto por Šalamon (2011). A Figura 18 apresenta o processo composto por 8 passos sucessivos distribuídos em três fases iterativas, na sequência são descritos os passos propostos pelo autor.

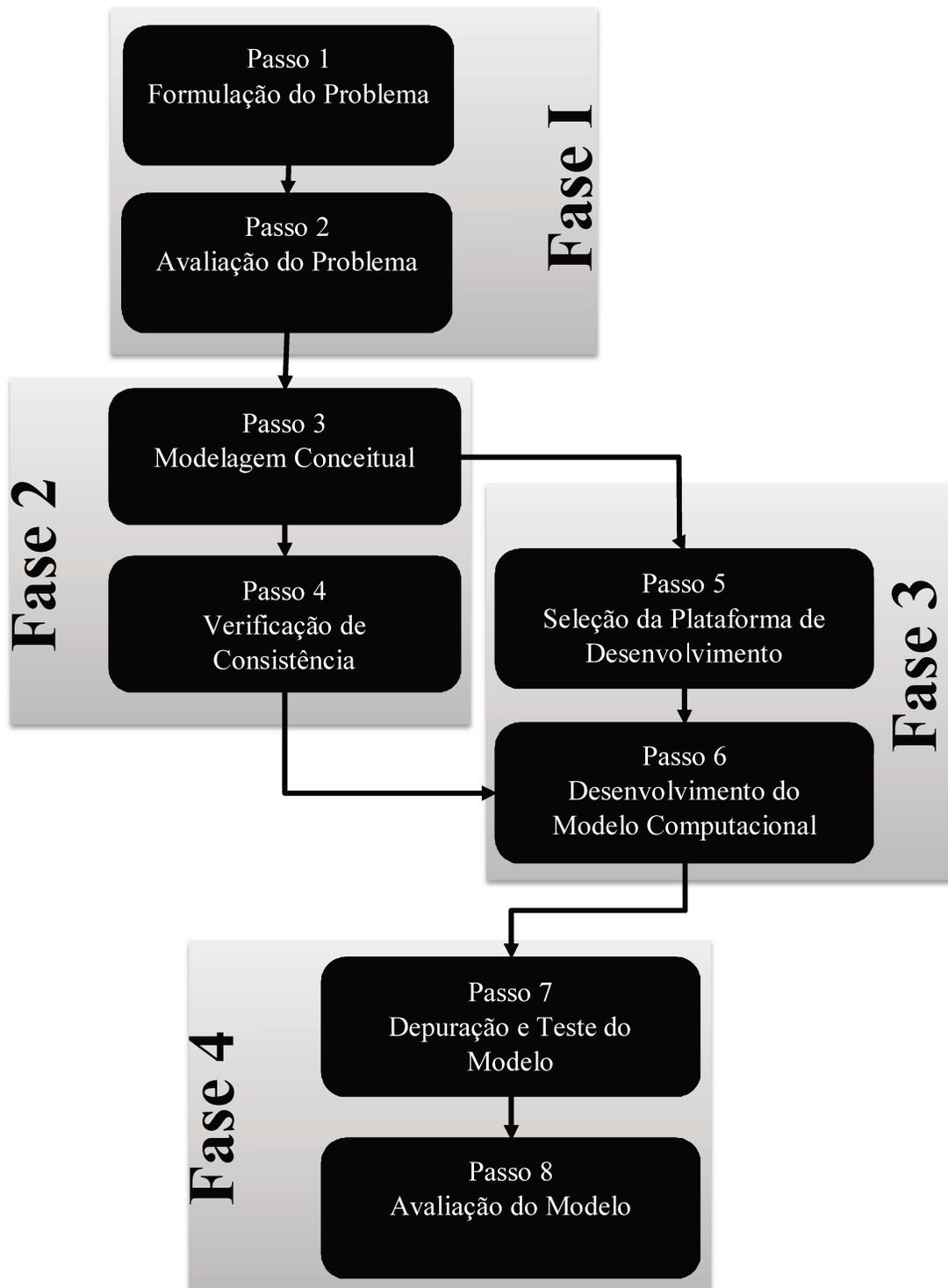


Figura 18- Processo de Modelagem Baseada em Agentes. Adaptado de Šalamon (2011)

3.2.1. Passo 1 – Formulação do Problema

O objetivo principal deste passo é especificar o problema que será resolvido através do modelo de simulação computacional. A especificação do problema deve garantir informação suficiente para os passos seguintes da modelagem. Assim, a especificação do problema deve conter:

- Descrição geral do problema;
- Identificação dos agentes, contemplando suas características, seu comportamento, atividades e necessidades;
- Descrição das interações entre os agentes;
- Descrição do ambiente em termos de suas dimensões espaciais, temporais e outros atributos;
- Descrição das interações entre os agentes e o ambiente;
- Métricas de desempenho e critério de avaliação do modelo.

Tipicamente a especificação do problema é apresentada em formato de texto, mas elementos como, gráficos, diagramas e fórmulas matemáticas podem ser incluídos para enriquecer a especificação e facilitar a compreensão sobre o problema.

3.2.2. Passo 2 – Avaliação do Problema

Este passo tem como objetivo avaliar se o problema descrito no passo anterior é adequado para ser elaborado como um modelo baseado em agentes. Este processo de avaliação pode ser conduzido através do emprego das seguintes questões (Šalamon, 2011):

1. *Existem entidades, no modelo, que podem tomar decisões?* Na maioria dos métodos de simulação, as entidades são objetos individuais e passivos. Na ABMS, agentes são definidos como entidades que tomam decisões.
2. *Existem muitos tipos de entidades tomadores de decisão ou muitos tipos de decisões?* Apesar de todo o método de simulação representar um processo de decisão, a presença de muitos níveis de decisão ou entidades tomadoras de decisão no modelo, tornam os algoritmos e equações de métodos baseados em princípios *top-down* muito complexos de formular e resolver.

3. *O problema se apresenta como um sistema que possui características dinâmicas? Ou seja, o estado atual do sistema influencia seu estado futuro?* Os métodos de modelagem enfrentam esta questão de forma diferente, conforme apresentado no capítulo 3, o método de simulação de eventos discretos é o menos adequado a problemas com estas características. Já os métodos de dinâmica de sistemas e modelagem baseada em agentes são adequados ao tratamento de problemas deste tipo.
4. *Não é possível descrever um comportamento global para todo sistema em nível macro? A modelagem baseada em agentes é baseada no princípio *bottom-up*. Assim o comportamento global do sistema emerge tanto da interação entre os agentes como da interação entre os agentes e o ambiente. Se as alterações no comportamento do modelo podem ser descritas em nível macro, um método de dinâmica de sistemas pode ser mais adequado para a modelagem do problema.*
5. *É difícil descrever o problema como um diagrama de processos?* Se o problema é facilmente descrito como um diagrama de fluxo ou processos o melhor método para solução do problema é a simulação de eventos discretos.
6. *Existem diferentes tipos de agentes que não podem ser tratados de forma agregada? Caso os agentes do modelo possam ser agregados na forma de equações ou fórmulas matemáticas que representam o conjunto de seu comportamento, outros métodos como a simulação de eventos discretos e a dinâmica de sistemas apresentam-se como uma melhor opção de modelagem.*
7. *Existem fatores espaciais do ambiente que são importantes para simulação?* A capacidade de representação de fatores espaciais é uma das principais características da simulação baseada em agentes. Cada agente pode ser representado individualmente, considerando aspectos como, posição, velocidade, tamanho, além disso, suas interações espaciais com outros agentes e com o ambiente também podem ser programadas de forma natural.

Respostas afirmativas a todas ou a maioria das questões acima são um forte indicador que o método de modelagem baseado em agentes é adequado ao problema em estudo.

3.2.3. Passo 3 – Modelagem Conceitual

Uma vez que o problema está formulado e avaliado como adequado ao método de modelagem baseada em agentes, pode ser dado um passo na direção de solução do problema. O objetivo da modelagem conceitual é transformar os requerimentos do problema em uma descrição das estruturas e comportamentos do sistema em estudo.

Usualmente, como em outras metodologias de modelagem e simulação computacional, a descrição das estruturas do modelo poder ser feita com o auxílio de diagramas, que através de linguagem gráfica formal promovem uma representação mais compreensível, lucida e informativa quando comparadas à uma descrição textual (North e Macal, 2007).

De acordo com Šalamon (2011) diversos pesquisadores tem adotado diagramas UML (*Unified Modeling Language* – Linguagem de Modelagem Unificada) utilizados para representação do modelo conceitual. Nos últimos anos a UML tornou-se a linguagem padrão de modelagem internacionalmente adotada pela indústria de engenharia de software (Guedes, 2009).

A UML não é uma linguagem de programação, e sim uma linguagem de modelagem, composta por uma família de notações gráficas e apoiada por um meta modelo único, cujo objetivo é auxiliar os desenvolvedores a definirem as características do sistema, tais como seus requisitos, seu comportamento, sua estrutura lógica e a dinâmica de seus processos (Fowler, 2005; Guedes, 2009).

Para North e Macal (2007) vários destes diagramas da UML são úteis para a modelagem baseada em agentes já que através de sua combinação pode se documentar inteiramente o conhecimento de base e os projetos resultantes do modelo desenvolvido.

Na Figura 19 é apresentado um esquema geral dos diagramas que compõem o processo de construção do modelo conceitual em um estudo de ABMS. Os diagramas podem ser divididos em duas categorias os Diagramas de Agente e os Diagramas de Partícula.

Os Diagramas de Agente são utilizados para representar a estrutura do sistema, suas partes e os relacionamentos existentes. Compõem os diagramas de agentes: o Diagrama de Agente Global, o Diagrama de Objetivos e Metas, o Diagrama de Agente Detalhado, o Diagrama de Ambiente.

Os Diagramas de Agente são compostos por dois níveis: global e detalhado. No nível global são descritos os agentes, seus relacionamentos e interações com ambiente considerando todo sistema em estudo.

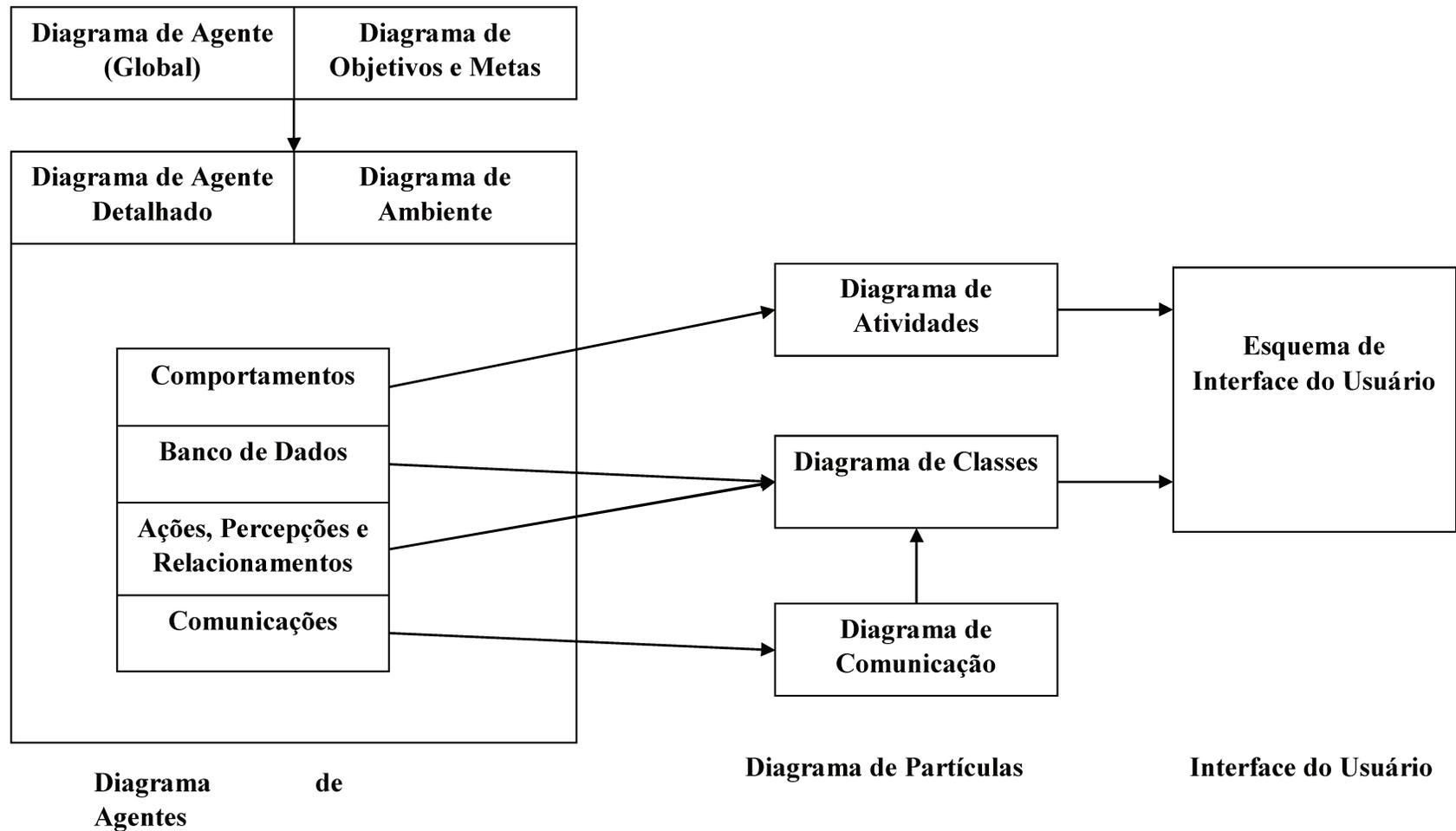


Figura 19- Esquema Geral dos Diagramas de Modelagem Conceitual. Adaptado de Šalamon (2011)

No nível detalhado, o foco do diagrama de agentes são o agente individual e suas características. O Diagrama de Objetivos e Metas é usado para representar objetivos e metas complexas dos agentes. O Diagrama de Ambiente descreve as interações e comunicações existentes entre o ambiente e os agentes.

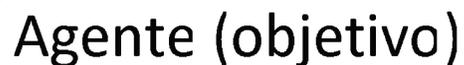
Os Diagramas de Partícula são utilizados para descrever aspectos internos dos agentes. Os agentes são compostos de processos internos que são utilizados para modelar suas ações. Os Diagramas de Partícula são compostos por Diagramas de Classe, Diagramas de Comunicação e Diagramas de Atividade.

Na sequência são apresentados e detalhados os diagramas de agente.

- Diagrama de Agente Global:

O Diagrama de Agente Global é composto pelos agentes e seus relacionamentos, conforme exposto anteriormente estes relacionamentos podem ser estabelecidos com outros agentes e com o ambiente onde o agente está inserido.

No Diagrama de Agente Global os agentes são representados através de retângulos que contém o nome do agente seguido de seu objetivo em parênteses, conforme apresentado na Figura 20.



Agente (objetivo)

Figura 20 – Diagrama de Agente Global com objetivo específico. Adaptado de Šalamon (2011)

Porém, é comum um agente possuir mais de um objetivo, nestes casos sua representação é feita conforme a Figura 21, onde é colocado um asterisco entre parênteses para indicar que o agente possui múltiplos objetivos e estes serão representados em um Diagrama de Objetivos e Metas específico, o referido diagrama será apresentado na sequência.



Agente (*)

Figura 21- Agente com referência a um diagrama de objetivos e metas. Adaptado de Šalamon (2011)

As interações entre os agentes e com o ambiente podem ser classificadas como: interações de comunicação, interações de ação e interações de percepção.

A comunicação entre dois ou mais agentes é representada no diagrama por uma linha pontilhada, a Figura 22 representa a existência de comunicação entre o Agente 1 e o Agente 2. A comunicação entre agentes envolve a troca de mensagens que se inicia, ocorre e termina em um limitado período de tempo. Em função de sua complexidade o processo de comunicação entre agentes é descrito em um diagrama de comunicação específico que será apresentado na sequência.

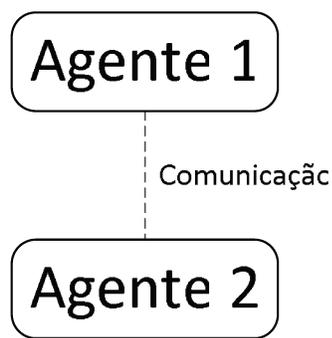


Figura 22- Representação da existência de comunicação entre agentes. Adaptado de Šalamon (2011)

Ações são processos de interação unidirecionais que ocorrem quando o ambiente influencia um agente e vice-versa

Figura 23, ou quando uma agente influencia outro Figura 24. Uma ação é representada no diagrama através de setas.



Figura 23 - Representação de ação do ambiente sobre o agente e do agente sobre o ambiente. Adaptado de Šalamon (2011)

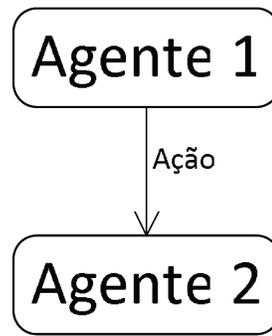


Figura 24 - Representação de ação de um agente sobre outro. Adaptado de Šalamon (2011)

Percepção é um tipo de interação onde informações do ambiente são recebidas pelo agente de forma voluntaria, ou seja o agente pode ou não reagir a informação fornecida pelo ambiente. No diagrama uma interação de percepção é representada através de uma seta pontilhada, ver Figura 25. As interações de percepção também podem ocorrer entre agentes.



Figura 25- Representação da percepção do ambiente pelo agente e ação do agente sobre o ambiente. Adaptado de Šalamon (2011)

Na Figura 26 é apresentado um exemplo de Diagrama de Agente Global onde aparecem descritas as diversas situações de interação de comunicação, ação e percepção discutidas anteriormente.

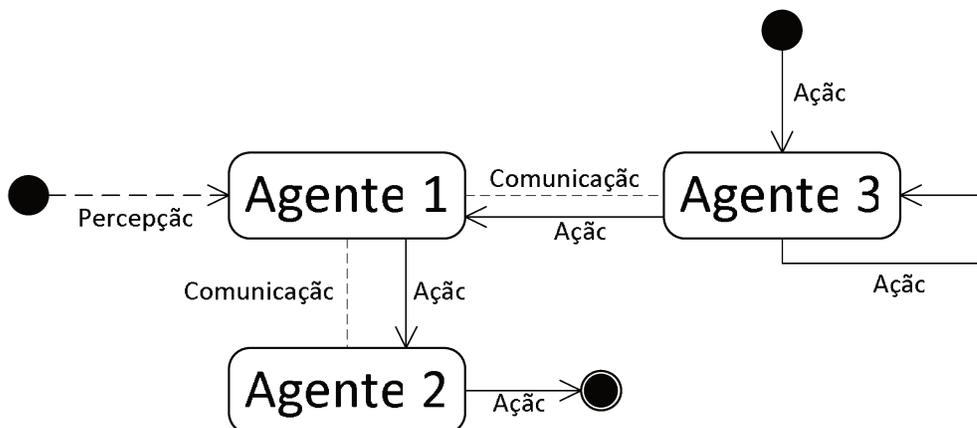


Figura 26- Diagrama de Agente Global. Adaptado de Šalamon (2011)

- Diagrama de Agente Detalhado:

Os Diagramas de Agente Detalhado têm por objetivo descrever os aspectos internos dos agentes. Conforme discutido anteriormente, um agente é composto de comportamentos, dados e objetivos.

Na Figura 27 é apresentado um diagrama de agente detalhado, o agente 1 é retratado como um retângulo que representa os seus limites internos e externos. No topo do retângulo estão seu nome e objetivo em parênteses. Também estão representados no diagrama todos os relacionamentos existentes entre o agente 1 e outros agentes, bem como, com o ambiente de forma semelhante a representação realizada no diagrama de agente global.

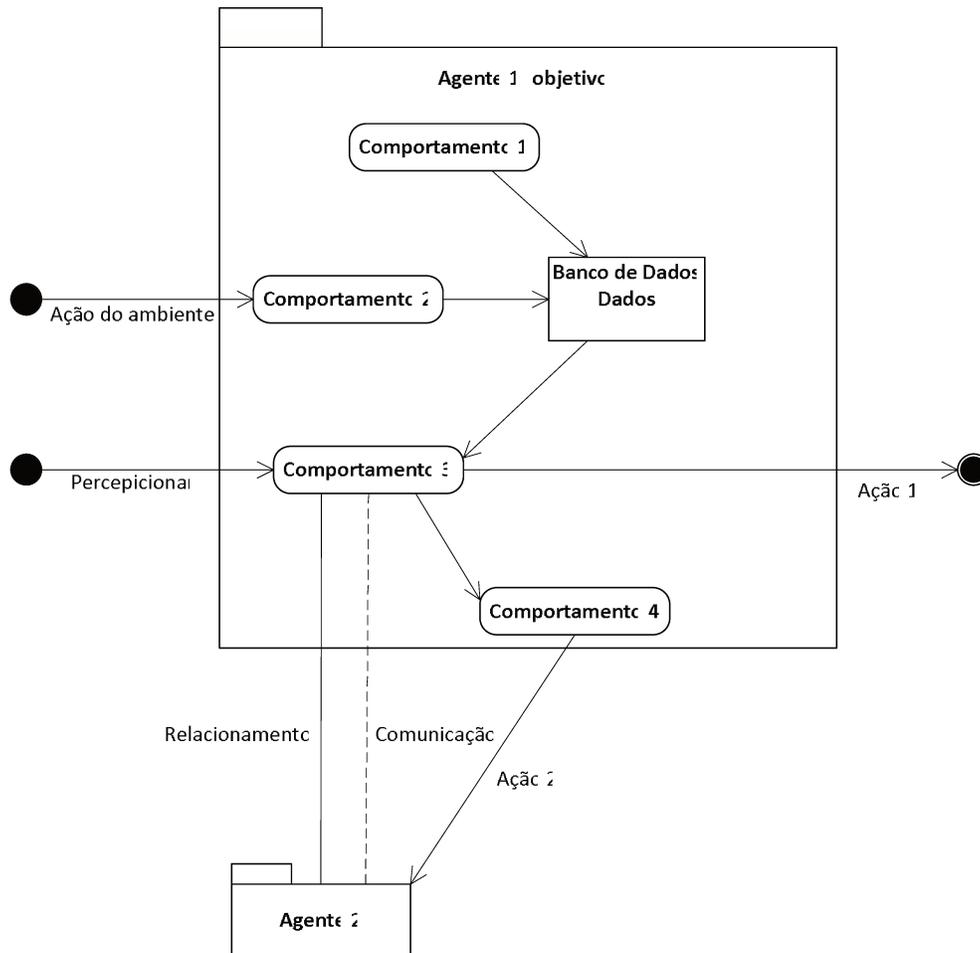


Figura 27- Diagrama de Agente Detalhado. Adaptado de Šalamon (2011)

Os comportamentos são retratados como retângulos dentro do agente. Dados são representados por bancos de dados, e só podem ser lidos e escritos através de um comportamento. Setas são utilizadas para representar as relações entre comportamentos e entre os bancos de dados. O Diagrama de Agente Detalhado não contém descrição da sequência de ações.

- Diagrama de Objetivos e Metas:

O Diagrama de Objetivos e Metas é empregado para descrever múltiplos objetivos dos agentes, que podem se alterar durante o processo de modelagem através das interações entre os agentes ou entre o agente e o ambiente. Caso o agente possua apenas um objetivo, o diagrama de objetivos e metas poder ser suprimido, sendo descrito, por exemplo, em conjunto com o agente no diagrama de agente global.

A representação usual do Diagrama de Objetivos e Metas é derivada do diagrama de máquina da UML, assim cada objetivo ou meta é representado por um retângulo com bordas pontilhadas contendo o texto descritivo do objetivo. A Figura 28 apresenta a estrutura do diagrama de objetivos e metas para um objetivo único.

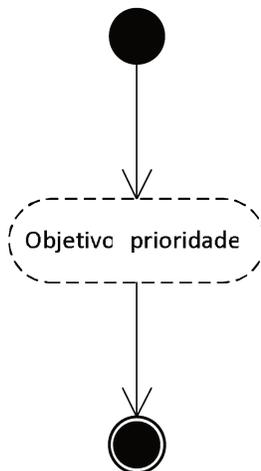


Figura 28- Estrutura do diagrama de objetivos e metas. Adaptado de Šalamon (2011)

O círculo preenchido representa o estado inicial, o estado final é representado por um círculo não preenchido envolvendo um segundo círculo preenchido. As transições de

objetivo são representadas com o auxílio de setas, que podem conter a descrição da condição necessária para alteração do objetivo. Os objetivos podem possuir diferentes graus de prioridade, que são indicados por valores numéricos colocados ao lado de sua descrição entre parênteses.

Usualmente os agentes possuem mais de um objetivo, que podem ser apresentar de forma sequencial, simultânea ou concorrente. A Figura 29 apresenta um diagrama em que o objetivo 1 é alcançado ou abandonado pelo agente em troca do objetivo 2 dada a ocorrência de uma condição qualquer.

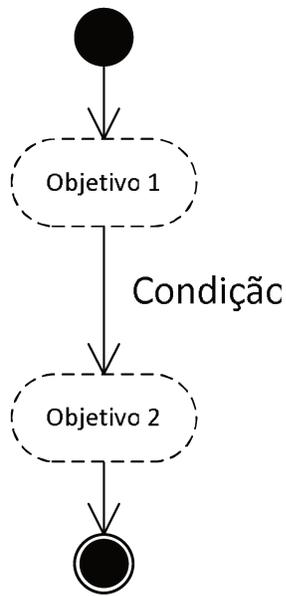


Figura 29- Diagrama de Objetivos e Metas sequencial. Adaptado de Šalamon (2011)

A Figura 30 apresenta uma situação em que o agente possui múltiplos objetivos simultâneos. Para expressar esta situação são utilizadas barras de bifurcação/união, representadas tanto por uma barra horizontal ou vertical preenchida. Na Figura 30 são representados três objetivos concorrentes.

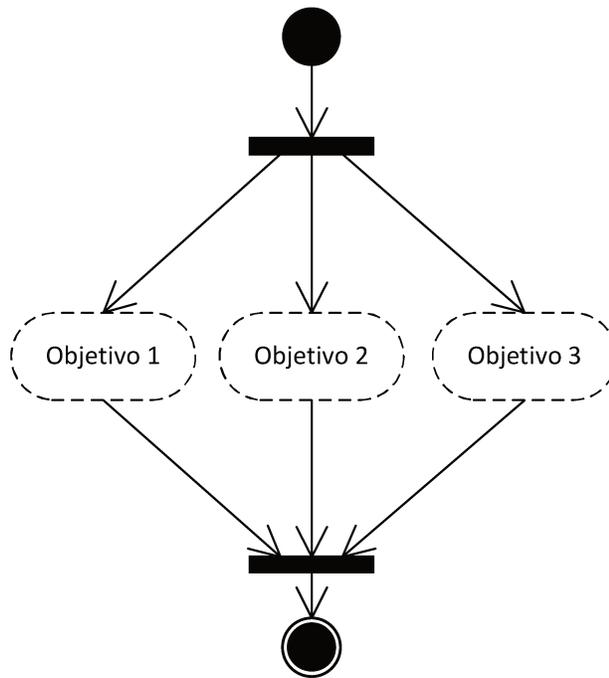


Figura 30- Diagrama de Objetivos Concorrentes. Adaptado de Šalamon (2011)

Em outros casos um agente precisa escolher entre diferentes objetivos. Na Figura 31, o diagrama de objetivos descreve a seleção de dois possíveis objetivos em função da ocorrência de um critério qualquer.

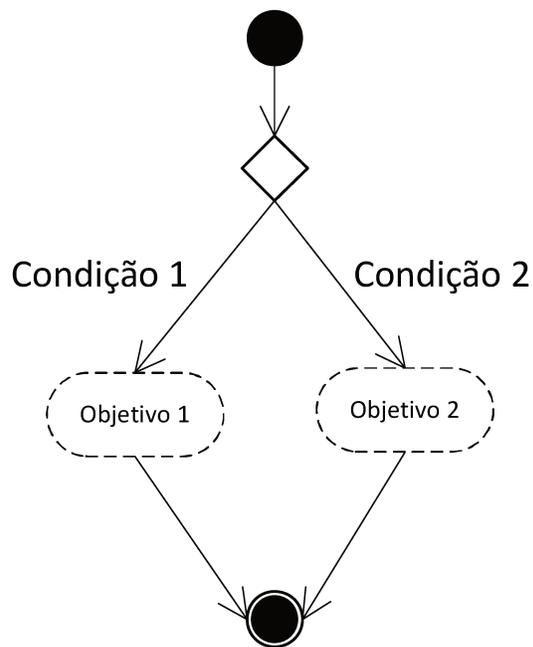


Figura 31- Diagrama de objetivos condicional. Adaptado de Šalamon (2011)

- Diagrama de Ambiente:

Uma boa descrição do ambiente onde os agentes irão interagir tem importância primordial na construção do modelo de simulação baseada em agentes. Usualmente a descrição do ambiente e suas interações não é realizada com o rigor necessário, em função das dificuldades de se descrever o ambiente.

Uma forma de superar este obstáculo é representar o ambiente em função de seus comportamentos e interações com agentes. O Diagrama de Ambiente utiliza uma linguagem próxima do Diagrama de Agente Detalhado para representação do ambiente e suas interações.

Na Figura 32 o ambiente é representado por um retângulo, os elementos internos representam os comportamentos e os bancos de dados do ambiente. Todos os outros elementos são externos e representam os agentes.

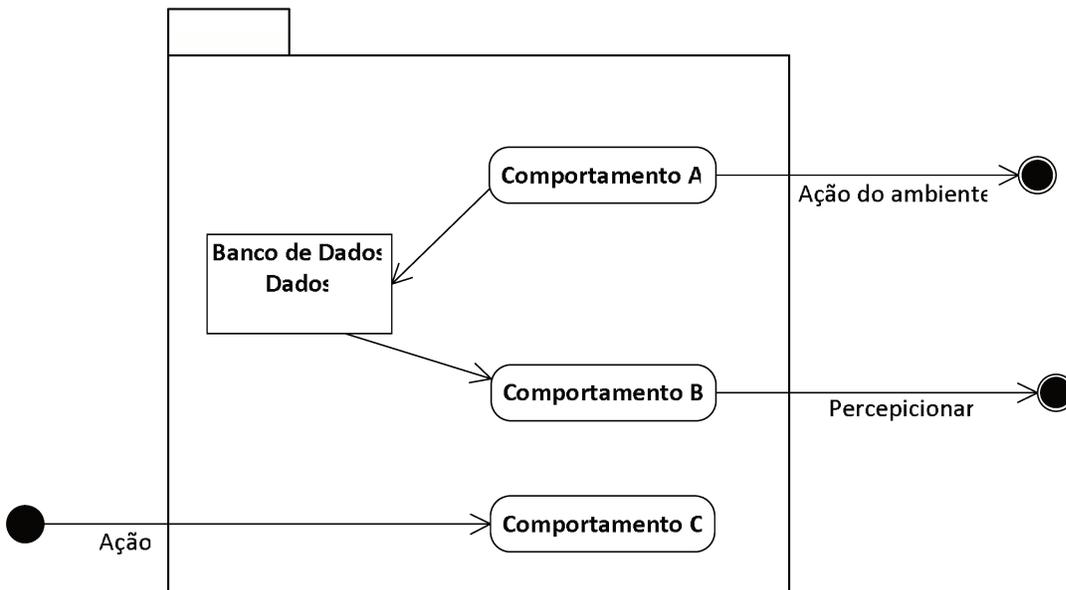


Figura 32 - Diagrama de Ambiente. Adaptado de Šalamon (2011)

O Diagrama de Ambiente possui algumas diferenças fundamentais quando comparado com um diagrama de agente detalhado. Nenhum comportamento do ambiente pode comunicar ou ser parte de uma associação como ocorre entre agentes. Apenas ações e percepções são permitidas, sendo elas as responsáveis pelas interações entre o ambiente e os agentes.

Os diagramas de partículas são utilizados para modelar os processos e ações internas dos agentes, são baseados nos diagramas de UML. Os diagramas de partícula são: Diagrama de Classes, Diagrama de Atividades e Diagrama de Comunicação.

- Diagrama de Classes

Diagrama de Classes: é provavelmente o diagrama mais utilizado e importante da UML, uma vez que serve de apoio para a maioria dos demais diagramas. Sua função é definir a estrutura das classes utilizadas pelo sistema, determinando os atributos e métodos pertencentes a cada uma delas, além disso, é responsável por estabelecer como estas irão se relacionar e trocar informações.

Graficamente é representado através de um retângulo com até três divisões. A primeira divisão contém a descrição ou nome da classe, a segunda armazena os atributos e o formato dos dados, e a última divisão lista os métodos da classe. Geralmente existe entre as classes relacionamentos, que permitem o compartilhamento de informações e a colaboração para execução de processos. Graficamente são representadas por uma linha. A Figura 33 exemplifica um diagrama de classes.

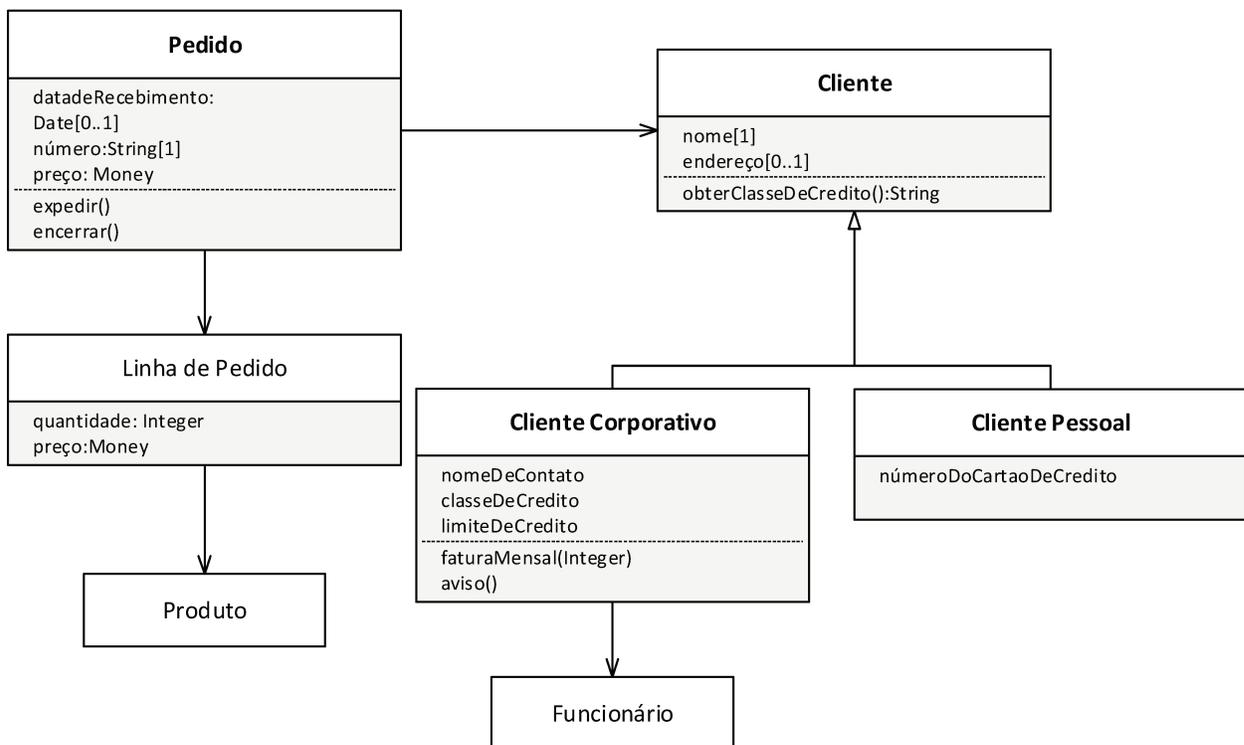


Figura 33 – Diagrama de Classes. Adaptado de Fowler (2005)

- Diagrama de Atividades

Diagrama de Atividades: é utilizado para descrever os passos lógicos a serem percorridos para a conclusão de uma atividade específica, desempenham papel semelhante aos fluxogramas,

mas diferem destes por suportarem comportamento em paralelo. O Diagrama de Atividades pode ser utilizado para representar dois tipos de fluxos, os de controle e os de objetos, ver Figura 34.

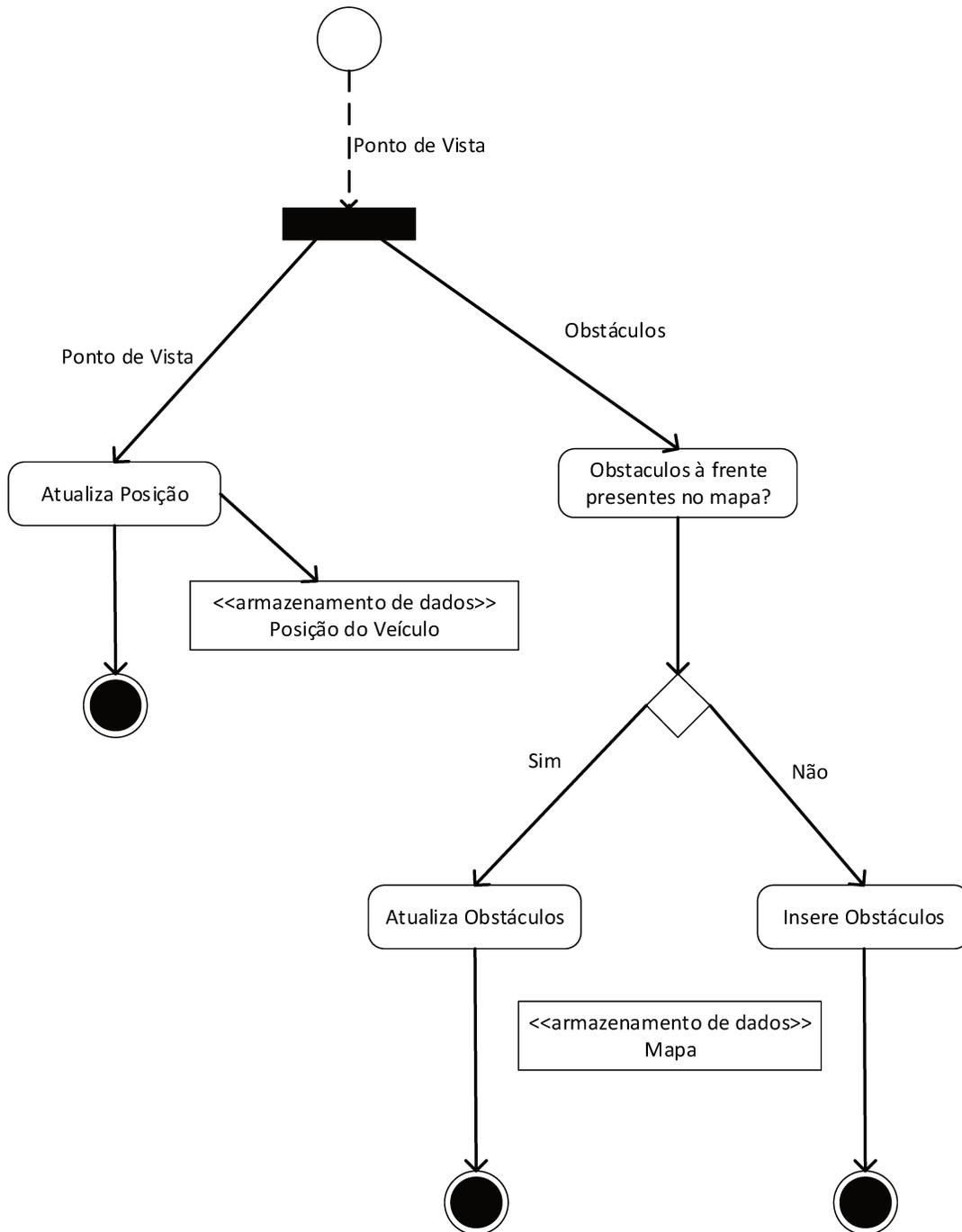


Figura 34 – Diagrama de Atividades. Adaptado de Šalamon (2011)

O fluxo de controle é caracterizado pelo envio de sinais de controle entre duas atividades, já os fluxos de objetos representam o envio de valores (dados ou objetos).

A representação de Diagrama de Atividades é feita através dos seguintes elementos: nós de controle (inicial, decisão, bifurcação/união e final de fluxo) são utilizados para representar respectivamente o início do fluxo, a escolha entre dois ou mais fluxos, a divisão ou união de fluxos e o final de fluxo de um processo. Graficamente são representados através de um círculo preenchido no caso do nó inicial, um círculo preenchido dentro de um círculo vazio para o nó final, uma barra preenchida vertical ou horizontal no caso do nó de bifurcação/união e um losango para o nó de decisão; atividades e nó de ações, representados graficamente por um retângulo com bordas arredondadas; e objetos representados por retângulos.

- Diagrama de Comunicação

O Diagrama de Comunicação descreve como agentes interagem através da troca de mensagens. Assim, em sua representação é apresentada a sequência lógica de troca de mensagens entre os agentes conforme exemplificado na Figura 35.

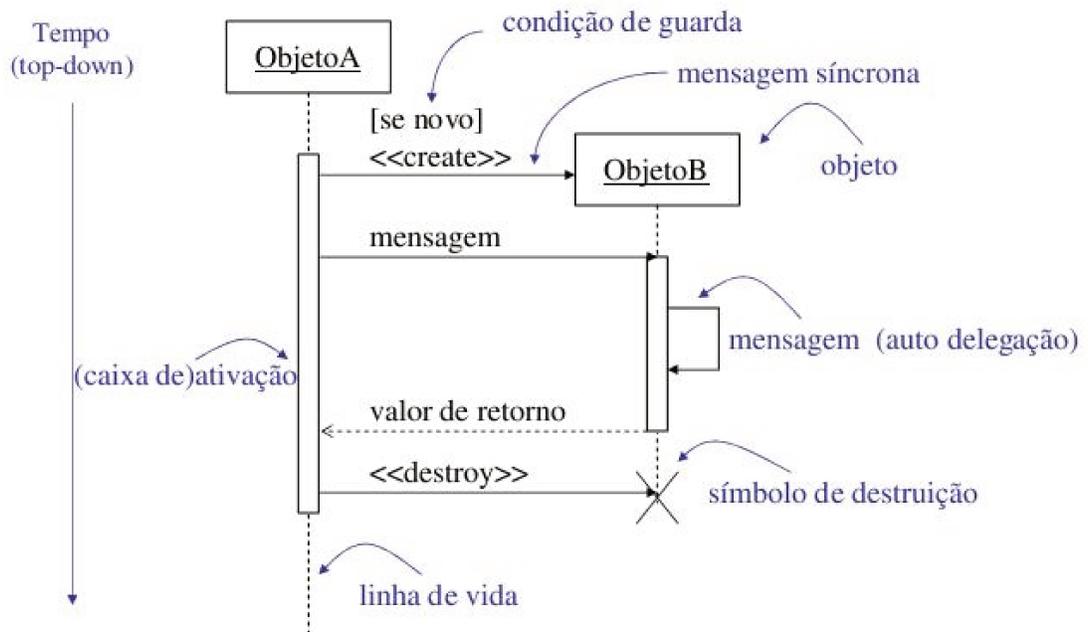


Figura 35 – Diagrama de Comunicação. Adaptado de Fowler (2005)

3.2.4. Passo 4 – Verificação da Consistência

Conforme mencionado anteriormente o modelo conceitual consiste em um conjunto de diagramas individuais que representam várias visões do modelo. A verificação de consistência é baseada essencialmente na comparação de ocorrências dos elementos relacionados nos diferentes diagramas, para tanto, todas as interações que são representadas nos diferentes diagramas precisam ser listadas. Cada interação deve ser incluída apenas uma vez, mesmo que esteja presente em mais de um diagrama.

De posse da lista de interações é construída uma tabela de consistência composta das seguintes colunas: interação, diagrama de agente, comportamento, diagrama de classe, comportamento relacionado, comunicação.

A lista de interações é colocada na coluna interação da tabela de consistência, para cada item é adicionada nas colunas respectivas o nome do agente, comportamento associado, o nome do diagrama de classe correspondente. Caso exista uma comunicação associada a interação, o nome do diagrama de comunicação correspondente é associado na coluna comunicação. Comportamentos relacionados à interação também são listados na última coluna da tabela.

Ao final do processo, para cada interação listada, toda a linha da coluna deve estar preenchida, e todos os agentes e diagramas devem estar marcados. A consistência do modelo é verificada através do preenchimento da tabela de consistência.

3.2.5. Passo 5 – Seleção da Plataforma de Desenvolvimento

Uma vez que o modelo conceitual está desenvolvido, o passo seguinte consiste na seleção da plataforma de desenvolvimento do modelo computacional. A escolha equivocada plataforma de desenvolvimento tem impactos não apenas no processo de desenvolvimento do modelo, mas pode também comprometer a qualidade dos resultados obtidos.

Entre os diversos aspectos a se considerar no processo de seleção podem-se destacar (Gilbert e Troitzsch, 2005; North e Macal, 2007; Šalamon, 2011):

- *Complexidade do modelo*, no que tange o número de agentes que serão modelados e a quantidade de interações existentes entre eles.

- *Características das saídas do modelo desejadas*, saídas mais sofisticadas são um fator limitante para seleção de uma plataforma. Algumas plataformas possuem apenas saídas no formato de dados, enquanto outras oferecem saídas que permitem a visualização de vídeos, gráficos, animações em 2D ou 3D. Usualmente saídas mais sofisticadas demandam tanto uma maior capacidade computacional quanto uma maior habilidade do modelador.
- *Características especiais da plataforma*, algumas plataformas são especializadas em nichos da simulação baseada em agentes, como por exemplo, simulação de tráfego, ecologia etc. Plataformas deste tipo podem, por um lado, reduzir consideravelmente tempo e o esforço de desenvolvimento do modelo. Em contrapartida, as características específicas destas ferramentas podem não se adequar às necessidades do modelo e o desenvolvimento de parametrizações para adequá-las a estas necessidades podem demandar grandes esforços.
- *Suporte às características requeridas*, além das plataformas especializadas, muitas das plataformas disponíveis diferem em função das funcionalidades ofertadas. Através do modelo conceitual é possível identificar se as características requeridas pelo modelo são atendidas pela plataforma. Também neste caso, deve-se dar preferência à escolha da plataforma que minimiza a necessidade de parametrizações.
- *Suporte ao usuário*, assim como suas características, as plataformas também apresentam grande variação quanto ao suporte oferecido aos usuários. Algumas plataformas possuem um amplo conjunto de materiais de apoio como, manuais, fóruns de discussão, conferências e comunidade de usuários, enquanto em outras plataformas o suporte é precário.
- *Habilidade do modelador*, este é um aspecto frequentemente determinante na escolha de uma plataforma. A seleção de uma tecnologia já dominada, implica em menores custos de aquisição e treinamento. Porém, é importante ressaltar que a tecnologia dominada, às vezes, pode não ser a melhor para o modelo proposto. Em alguns casos, os benefícios da

adoção de uma nova tecnologia podem superar os custos de treinamento em uma nova plataforma.

3.2.6. Passo 6 – Desenvolvimento do Modelo Computacional

Uma descrição geral do processo de desenvolvimento do modelo computacional de simulação baseada em agentes é difícil de realizar em função da grande oferta de plataformas disponíveis e do baixo grau de padronização existente entre elas.

Em função destas características pode ser optar pela execução de um passo intermediário no desenvolvimento do modelo computacional que consiste na elaboração de um guia de transformação do modelo conceitual proposto para a linguagem específica da plataforma escolhida. A adoção deste procedimento apresenta como vantagem a possibilidade de se verificar possíveis incompatibilidades entre o modelo proposto e a plataforma escolhida. Em linhas gerais o guia de transformação deve conter uma descrição simples dos elementos do modelo conceitual e a descrição do processo de implementação na linguagem da plataforma escolhida.

3.2.7. Passo 7 – Depuração e Teste do Modelo Computacional

Em função das propriedades emergentes dos sistemas baseados em agentes, a depuração e teste do modelo são conduzidos em três camadas. Na primeira camada, são conduzidos testes nos agentes individuais. A segunda camada de depuração e teste é realizada nas interações entre os agentes. A terceira e última camada, testa o modelo como um todo.

A depuração e teste de primeira camada têm por objetivo verificar o funcionamento interno do agente. Usualmente é empregado um agente *dummy* que interage com o agente que se deseja testar, e através do envio e recebimento de mensagens os processos internos deste agente podem ser avaliados.

A depuração de segunda camada busca avaliar a existência de erros nos processos de interação entre os agentes. Erros deste tipo podem surgir mesmo em sistemas onde todos os agentes individuais tenham sido considerados livres de falhas. Os erros de interação mais comuns são aqueles que comprometem o processo de comunicação entre os agentes através do aparecimento de impasses que perpetuam processos ou alteram a ordem de execução de atividades.

A forma de identificar a ocorrência destes tipos de erros é através do exame das tabelas de registros de interações e comunicações entre os agentes.

O teste de terceira camada busca avaliar o modelo como um todo. Este tipo de teste se concentra na duração de rodada da simulação, na variação de tempo de execução do modelo, velocidade de entrega de mensagens e tamanho das filas de mensagens.

3.2.8. Passo 8 – Avaliação do Modelo Computacional

O objetivo deste passo é avaliar se modelo desenvolvido se comporta como esperado. Existem diferentes testes que podem ser aplicados para avaliar o desempenho de um modelo é adequado.

Um teste usualmente empregado consiste na comparação entre dados reais e dados gerados através do modelo, se os valores são conformes o modelo é provavelmente funciona corretamente. No caso de um modelo de simulação baseada em agentes, é mais usual comparar tendências e comportamento dinâmico do modelo do que valores.

O resultado final da avaliação é tecnicamente não um modelo validado, mas preferencialmente um modelo que tenha passado todos os testes de validação o que permite uma maior compreensão das capacidades do modelo, suas limitações e adequação a uma variedade de questões (North e Macal, 2007).

Para North e Macal (2007), o processo de validação e verificação não podem ser considerados exatos e precisos, desta forma nenhum modelo de simulação de qualquer abordagem pode ser considerado totalmente verificado e validado. Na verdade o que se obtém com o processo de verificação e validação é um alto nível de confiança estatística, que no caso da verificação é mais fácil de atingir uma vez que está não é sujeita a julgamentos subjetivos. A confiança estatística na validação aumenta à medida que mais e mais casos de aplicação são identificados e realizados.

O processo de validação consiste em validar os dados de entrada e saída, o processo incluso no modelo e particularmente no caso da simulação baseada em agentes os mecanismos de interação e comportamentos dos agentes bem como o a estrutura emergente e suas propriedades (North e Macal, 2007).

Uma abordagem para validação do modelo é proposta por (North e Macal (2007)):

- *Validação de Requerimentos*: O modelo resolve o problema proposto? Houve alteração de problema ou mudança em sua importância?
- *Validação de Dados*: Os dados utilizados no modelo foram validados?

- *Validação de Face:* Quando olhado de uma forma sistemática as suposições adotadas como base para o modelo parecem plausíveis? Os resultados encontrados parecem corretos?
- *Validação de Processos:* os passos no modelo e o fluxo interno que está sendo modelado correspondem ao processo do mundo real?
- *Validação de Resultados do Modelo:* Se um sistema real é disponível para estudo, os resultados do modelo combinam com os resultados do sistema real?
- *Validação de Agente:* os comportamentos dos agentes e seus mecanismos de interação correspondem aos dos agentes reais?
- *Validação de Teoria:* qual teoria é incluída no modelo sobre agentes ou processos? Está teoria é válida? O modelo faz um uso válido da teoria?

4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

Este capítulo apresenta processo de desenvolvimento do modelo de simulação de acordo com a proposição de Šalamon (2011) descrita no capítulo 3.

Desta forma na primeira fase de desenvolvimento do modelo são executados os passos 1 e 2, que consistem respectivamente da formulação do problema em análise e sua avaliação. Na sequência ocorre o desenvolvimento da segunda fase onde são executados os passos 3 e 4, modelagem conceitual do problema e a verificação de consistência.

Na terceira fase, composta dos passos 5 e 6 ocorre a escolha da plataforma de desenvolvimento e codificação do modelo conceitual na plataforma escolhida.

A quarta e última fase de desenvolvimento corresponde aos passos 7 e 8, onde são realizados a depuração e teste do modelo, e sua avaliação.

4.1. PASSO 1 - FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Este passo tem como objetivo prover informação suficiente para o desenvolvimento do modelo que irá ocorrer nos passos seguintes. Para isso os elementos do problema serão apresentados de forma textual e com auxílio de outros elementos como gráficos, diagramas e fórmulas matemáticas com o intuito de facilitar sua compreensão.

O modelo de simulação proposto representa uma cadeia de suprimentos e tem como objetivo comparar o desempenho obtido pela cadeia frente a diferentes opções estratégicas de relacionamento das empresas que a compõem, mais especificamente busca-se modelar opções estratégicas competitivas, cooperativas e colaborativas.

A cadeia de suprimentos simulada encontra-se delimitada em um mercado, as diferentes empresas que compõem esta cadeia estarão inseridas e localizadas neste ambiente. Considera-se a existência de três tipos de empresas neste mercado: fornecedores, clientes e intermediários. Os intermediários podem representar empresas como distribuidores, varejistas ou empresas de transporte de carga.

A posição geográfica das empresas dentro do mercado poderá ser dada de forma aleatória através de uma função de distribuição de probabilidades ou pré-determinada através de coordenadas de posição específica, pode-se utilizar coordenadas em um plano contínuo de duas dimensões ou SIG.

Cada empresa localizada no mercado recebe os atributos: custo, preço, estoque, capacidade, nível de serviço. As empresas da classe intermediários podem receber adicionalmente um atributo de velocidade. Um atributo demanda é fornecido as empresas da classe clientes, assim como um atributo produção é dado as empresas da classe fornecedores.

Considera-se que uma empresa pode adotar três estratégias de relacionamento: competitivo, cooperativo e colaborativo. Quando uma empresa adota uma estratégia competitiva, por exemplo, ela deixa de compartilhar com as demais empresas informações a respeito de sua demanda ou produção. Seu processo de escolha de um fornecedor é realizado utilizando-se apenas critérios de preço. Esta definição estratégica impacta diretamente na governança e natureza dos relacionamentos conforme apresentado no capítulo 2.

As estratégias de cooperação e colaboração são conduzidas em um ambiente de compartilhamento de informações, porém com níveis diferentes de incerteza e formalização. Nesta situação o processo de escolha de um fornecedor passa a ser baseado não apenas no preço oferecido mas na confiança desenvolvida entre as empresas que é expressa através da variável reputação ou nível de serviço.

Níveis altos de reputação conduzem a relações mais estáveis, menos sensíveis a variações do mercado, já níveis baixos de reputação deixam a empresa mais suscetível a estratégias competitivas, ou seja, suscetível a ser preterida por um concorrente.

Conforme apresentado na revisão da literatura apresentada no capítulo 2, diversos autores (Axelrod, 1997; Handfield e Bechtel, 2002; Benton e Maloni, 2005; Zhou e Benton Jr, 2007) correlacionam níveis altos de confiança expressos através do compartilhamento de informações com relacionamentos mais estáveis típicos de estratégias cooperativas ou colaborativas.

A simulação busca responder as seguintes questões:

- Quais fatores afetam os relacionamentos em uma cadeia de suprimentos?
- Qual o impacto destes fatores sobre os agentes que formam esta cadeia de suprimentos?
- Quais das três estratégias de relacionamentos (competitiva, cooperativa ou colaborativa) promove o um melhor desempenho?

Para responder as estas questões o modelo proposto deve estar em regime, o que implica em, para tanto, deve-se executar o modelo por tempo suficiente até que as alterações nas variáveis de decisão tornem-se suficientemente pequenas.

4.2. PASSO 2 – AVALIAÇÃO DO PROBLEMA

Conforme descrito na apresentação do método de modelagem proposto este passo tem como objetivo avaliar se o problema em estudo tem as características necessárias para ser abordado com um modelo de simulação baseada em agentes. O processo de avaliação proposto é composto de sete questões, onde considera-se que o método de simulação baseada em agentes é adequado para problema em estudo caso se obtenha resposta afirmativa a maioria das questões, na sequência as questões propostas serão retomadas e respondidas.

1. *Existem entidades, no modelo, que podem tomar decisões?*

No problema em estudo as entidades são empresas que interagem, tomando decisões que afetam outras entidades e o ambiente. A escolha do fornecedor, por exemplo, é um processo de decisão de uma das entidades do modelo, o cliente, o resultado deste processo decisão provoca mudanças no ambiente e em outras entidades do modelo em resposta.

2. *Existem muitos tipos de entidades tomadores de decisão ou muitos tipos de decisões?*

No problema proposto existem três tipos básicos de agentes ou entidades tomadoras de decisão: fornecedor, cliente e os intermediários, estes últimos podem representar um conjunto diverso de agentes, como, por exemplo, empresas de transporte, atacadistas, varejistas, distribuidores e operadores logísticos. Assim, dependendo da complexidade da cadeia de suprimentos que se deseja modelar, implicará em um grande número de agentes tomadores de decisão e uma elevada quantidade de decisões que serão realizadas, a construção de um modelo com estas características em outras abordagens de simulação que não a baseada em agentes é limitada pela complexidade de formulação do modelo, já que a principal característica que o modelo deve apresentar nesta situação é a escalabilidade.

3. *O problema se apresenta como um sistema que possui características dinâmicas?*

As características do problema em estudo são dinâmicas, o estado atual do sistema composto pelo ambiente e os agentes influencia o estado futuro do sistema, uma vez, que os agentes ao perceberem ou sofrerem ações de outros agentes tomam decisões que influenciam outros agentes e o ambiente. Retomando o exemplo da escolha do fornecedor, este processo é resultado da análise do ambiente e das características e informações disponibilizadas pelos agentes no estado atual do sistema, ao realizar a escolha por um fornecedor, o cliente provoca ou não uma alteração na configuração da cadeia de suprimentos, em resposta a este movimento o ambiente e os demais agentes tomam suas decisões que também podem

provocar alterações no estado futuro do sistema. Exemplos de trabalhos aplicados a sistemas similares podem ser encontrados em Rosa (2006) e (Ferreira, 2009).

4. *Não é possível descrever um comportamento global para todo sistema em nível macro?*

O comportamento global do sistema pode ser descrito em nível macro adotando-se um método de simulação como a dinâmica de sistemas. Na literatura alguns trabalhos, como, por exemplo, o de Sanches (2009) que estuda os efeitos da política de descontos temporários como um dos fatores que produzem um acúmulo de vendas no final do período em cadeias de suprimento de varejo no Brasil e Silva (2012) que aborda o desenvolvimento do transporte colaborativo entre empresas usuárias do transporte internacional marítimo no Brasil como vantagem competitiva, empregaram a simulação de dinâmicas de sistemas para representar um sistema de análogo ao problema em estudo onde os agentes envolvidos desenvolvem relacionamentos de competição, cooperação e colaboração na cadeia de suprimentos.

Em função das características dos problemas estudados os autores acima citados optaram pela dinâmica de sistemas como melhor opção de modelagem. Porém, conforme apresentado no capítulo 3, o método de simulação de dinâmica de sistemas possui algumas limitações e desvantagens.

No âmbito da questão 3, descrição do comportamento global do sistema em nível macro, o método de dinâmica de sistemas pressupõem que a estrutura do modelo conduz o comportamento do sistema, o que é feito através da predefinição das interações e fluxos do sistema, assim para se analisar comportamentos dinâmicos diferentes é necessário alterar a estrutura do modelo e realizar novos experimentos.

Esta característica representa uma limitação importante para a modelagem de relacionamentos entre empresas, onde o processo de interação e comunicação entre os agentes é fator preponderante para definição do comportamento dos agentes, implicando em processos de aprendizagem ou adaptação dos mesmos, sendo este o mecanismo que produz alterações no estado do sistema (cadeia de suprimentos).

A possibilidade de modelar o comportamento geral do sistema de forma emergente, como consequência das interações entre os diversos agentes e o ambiente, com diversas transições de estados possibilita a modelagem de cenários flexíveis que podem ser determinados durante a simulação.

5. *É difícil descrever o problema como um diagrama de processos?*

A descrição do problema como um diagrama de processos não é de fácil implementação. Conforme descrito anteriormente o problema em estudo aborda o relacionamento entre diferentes agentes em uma cadeia de suprimentos. Apesar de diversos comportamentos dos agentes serem passíveis de representação através de uma linguagem processual, o processo de interação entre os agentes e o ambiente não pode ser representado de forma correta por esta abordagem.

A simulação por eventos discretos, também conhecida como simulação baseada em processos, ignora os comportamentos individuais das entidades ou agentes e seus fluxos de comunicação.

Para exemplificar a situação acima descrita retoma-se o processo de escolha do fornecedor, um agente cliente pode no momento da escolha do fornecedor estar envolvido na execução de outros processos correlacionados ou não, por exemplo, no momento em que define o fornecedor, o cliente pode receber uma mensagem de outro agente, esta mensagem não está diretamente relacionada a ação de escolha do fornecedor e irá conduzir o agente a realização de uma ação de resposta a mensagem, o que ocorrerá em paralelo a primeira ação.

Esta situação de múltiplos pontos de decisão que não estão previamente programados em sequência é complexa para a simulação de eventos discretos, mas simples de implementar na simulação baseada em agentes que adota uma paradigma de desenvolvimento do modelo de programação orientada a objeto.

6. *Existem diferentes tipos de agentes que não podem ser tratados de forma agregada?*

Os diferentes agentes que compõem o modelo do problema em estudo possuem comportamentos distintos e devem ser representados de forma individual.

Para exemplificar essa necessidade, retorna-se ao exemplo de seleção do fornecedor. No problema proposto, a cadeia de suprimentos é composta por uma classe de agentes denominados fornecedores que possuem comportamentos e atributos comuns a esta classe, porém os valores destes atributos podem ter significativas diferenças o que confere aos agentes características distintas dentro do grupo a que pertencem.

Agora, caso se decida representar apenas um fornecedor de forma individual e detalhada, concedendo a este atributos e comportamentos distintos aos de seus concorrentes que terão seu comportamento e atributos representados de forma agregada por uma equação matemática. Esta decisão implica em uma simplificação do problema que pode provocar viés

nos resultados obtidos já que o comportamento global do sistema representará apenas do processo de interação de um único agente com o ambiente, que provocará ações e reações iguais por parte de seus concorrentes.

Em situações onde o comportamento individual de um agente não é fundamental para produzir interações que alteram o comportamento global do sistema, a abordagem de Dinâmica de Sistemas é a mais indicada por permitir a representação agregada desta classe de agente.

7. *Existem fatores espaciais do ambiente que são importantes para simulação?*

No problema em estudo os fatores espaciais representam características importantes dos agentes. A posição do agente tem influência sobre suas interações espaciais com outros agentes e pode afetar o resultado de suas medidas de desempenho. Por exemplo, a posição de um fornecedor em relação a um cliente pode lhe conferir um menor lead time de atendimento, o que resulta em uma medida de desempenho superior que confere a este fornecedor uma vantagem competitiva em relação a outros fornecedores que possuem uma posição relativa ao cliente maior.

A situação exposta acima, é naturalmente programada em um modelo de simulação baseada em agentes através de um atributo de posição. Procedimento análogo pode ser realizado na simulação de eventos discretos, com a adição de atributo de posição que pode ser expresso em termos de tempo ou distância, mas como a limitação de que este atributo deve ser predefinido no que tange as possibilidades de posições que podem ser assumidas por um agente no modelo, o instrumento para esta predefinição são os nós na rede considerada.

Na abordagem de dinâmica de sistemas, os fatores espaciais não são normalmente considerados, uma vez que o modelo apresenta uma alto índice de agregação, assim a implementação de fatores espaciais não constitui um elemento natural de programação do modelo, sendo portanto, de limitada e difícil execução.

4.3. PASSO 3 – MODELAGEM CONCEITUAL

O objetivo deste passo é transformar o modelo descrito no passo em um conjunto de diagramas que representem através da linguagem gráfica a estrutura do modelo que se deseja construir. O esquema geral dos diagramas que compõem o processo de construção do modelo

conceitual foi apresentado no capítulo 3. A seguir serão apresentados os diagramas de acordo com a sequência de desenvolvimento estabelecida.

- Diagrama de Agente (Global)

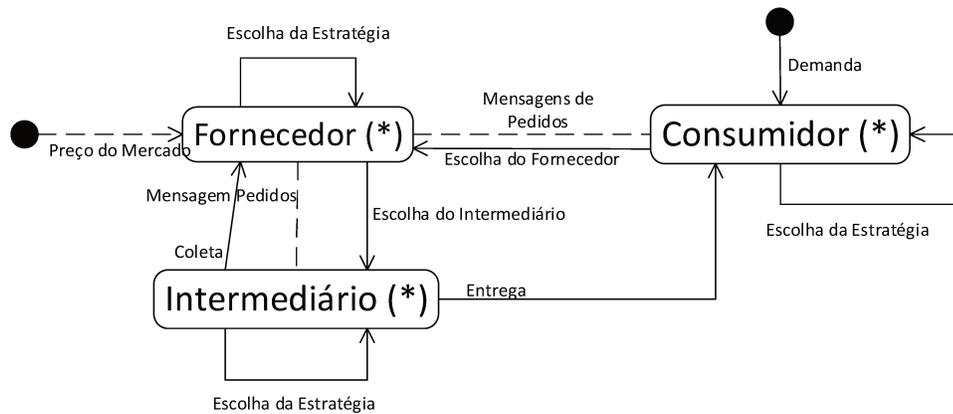


Figura 36 – Diagrama de Agente Global

- Diagrama de Objetivos e Metas

- Fornecedor

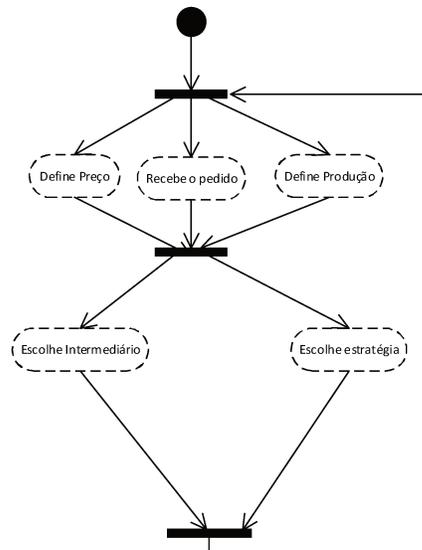


Figura 37 – Diagrama de Objetivos e Metas do Agente Fornecedor

- Consumidor

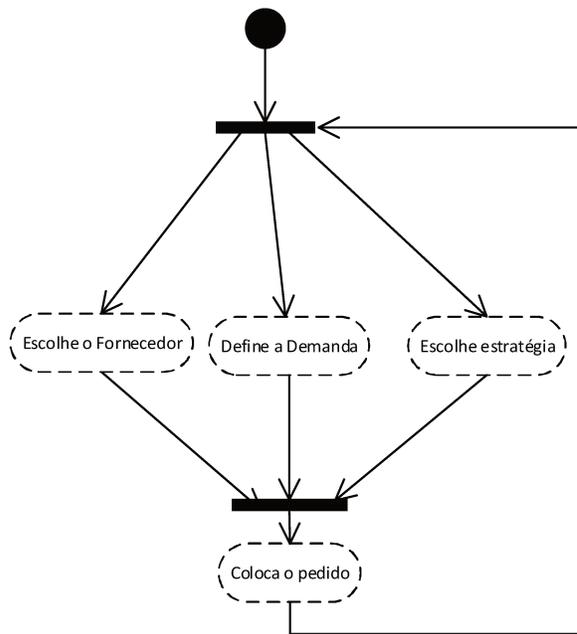


Figura 38 – Diagrama de Objetivos e Metas do Agente Consumidor

○ Intermediário

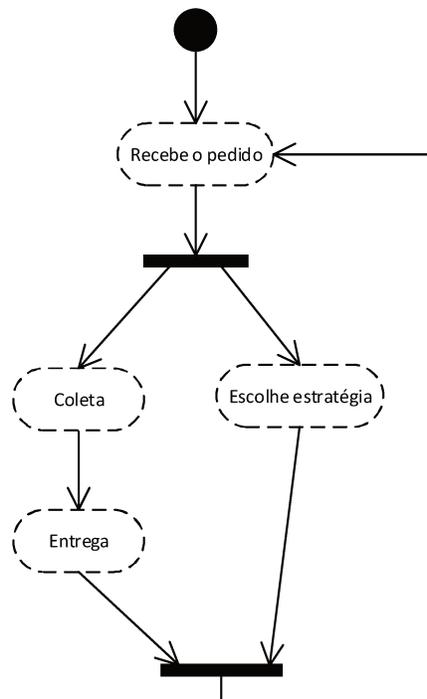


Figura 39 – Diagrama de Objetivos e Metas do Agente Intermediário

• Diagrama de Agente Detalhado

○ Fornecedor

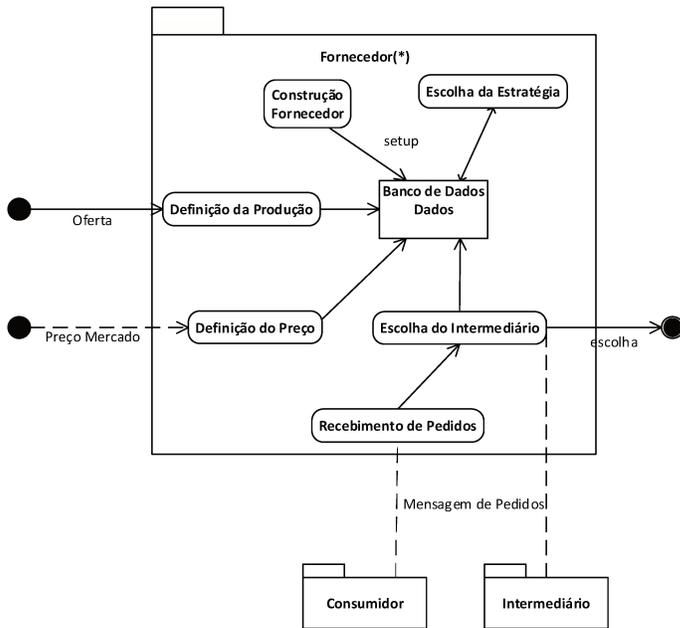


Figura 40 – Diagrama de Agente Detalhado Fornecedor

○ Consumidor

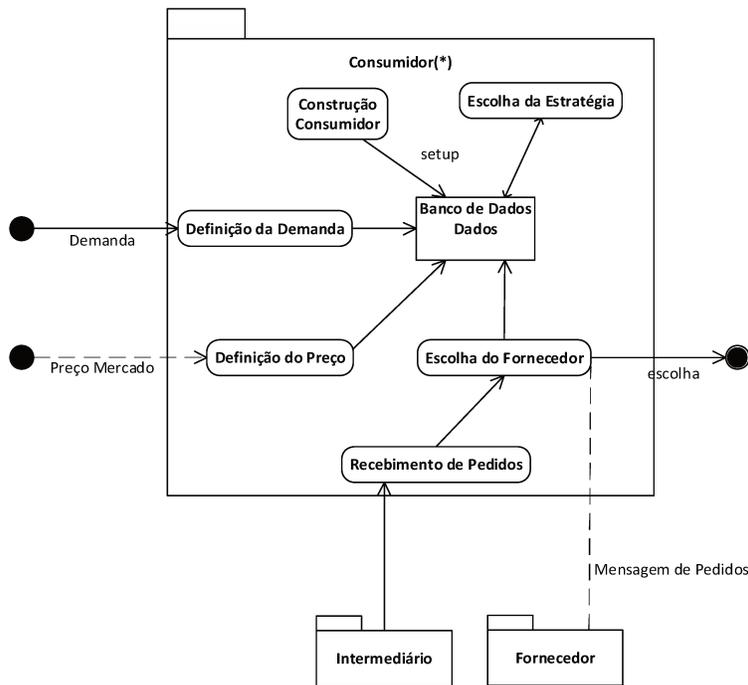


Figura 41- Diagrama de Agente Detalhado Consumidor

○ Intermediário

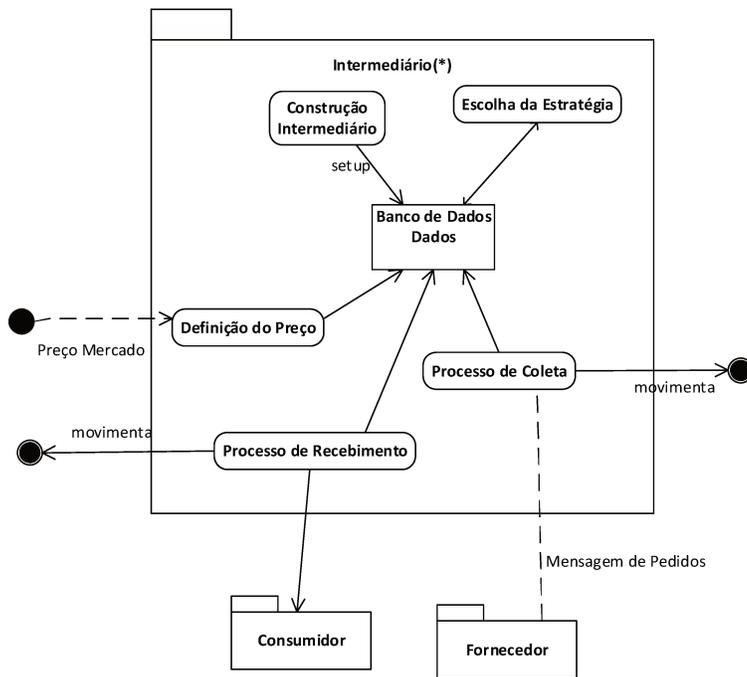


Figura 42- Diagrama de Agente Detalhado Intermediário

● Diagrama de Ambiente

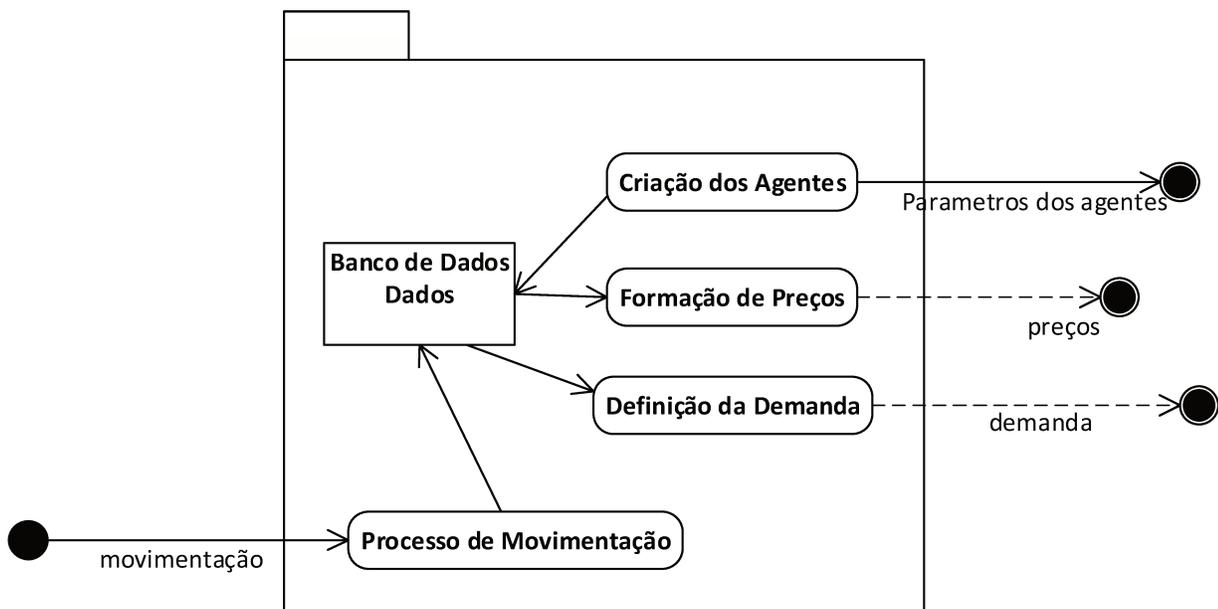


Figura 43 – Diagrama de Ambiente

- Diagrama de Comunicação

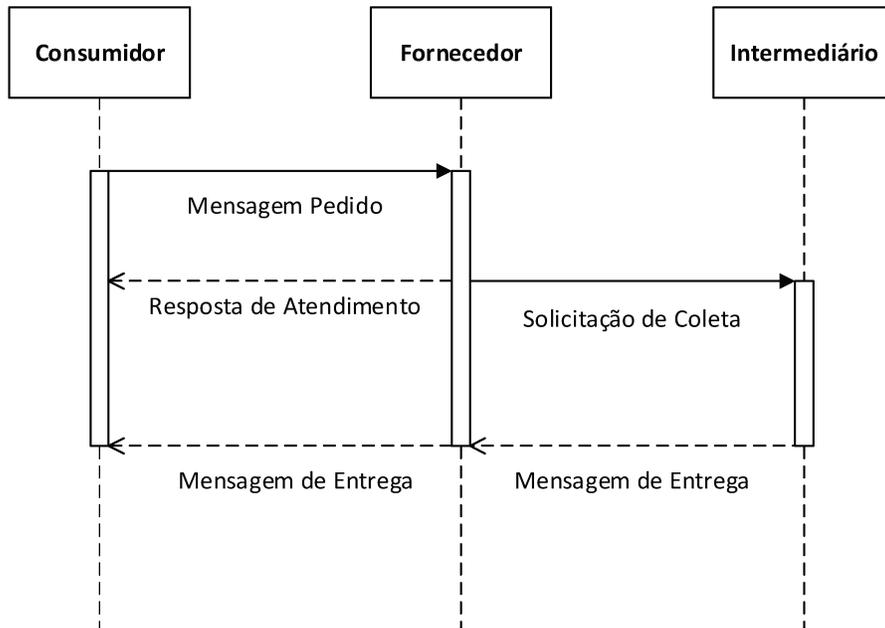


Figura 44 – Diagrama de Comunicação dos Agentes

4.4. PASSO 4 – VERIFICAÇÃO DA CONSISTÊNCIA

A lista de interações construída é apresentada no Quadro de consistência, sendo composto das seguintes colunas: interação, diagrama de agente, comportamento, diagrama de classe, comportamento relacionado, comunicação. Neste quadro estão relacionados os agentes seus comportamento e classes.

Relacionamento	Agente	Comportamento	Classes	Comportamentos
Oferta	Fornecedor	Definição da Produção	produção	Definição da oferta
Preço de Mercado	Fornecedor	Definição de Preço	preços	Formação de preços
Escolha	Fornecedor	Escolha do Intermediário	escolha	Seleção de intermediário
Movimenta	Intermediário	Processo de Coleta	movimentação	Processo de Movimentação
Movimenta	Intermediário	Processo de Entrega	movimentação	Processo de Movimentação
Preço de Mercado	Consumidor	Definição de Preço	preços	Formação de preços
Demanda	Consumidor	Definição da demanda	demanda	Definição da Demanda
Escolha	Consumidor	Definição do Fornecedor	escolha	Seleção do Fornecedor

Quadro 27 – Tabela de Verificação de Consistência do Modelo

4.5. PASSO 5 – SELEÇÃO DA FERRAMENTA DE DESENVOLVIMENTO

Banks et al (2004) afirmam que os softwares de simulação podem ser divididos em três categorias. A primeira categoria corresponde às linguagens de programação gerais como C, C++, *Visual Basic* e Java que podem ser utilizadas para a construção de modelos de simulação. A segunda categoria é constituída pelas linguagens de programação de simulação como GPSS, GPSS/H, SIMAN e SLAM II desenvolvidas exclusivamente para permitir à fácil e rápida construção de modelos de simulação, principalmente de sistemas de filas. A terceira categoria é formada pelos ambientes de simulação ou ferramentas de simulação. Estes ambientes são compostos por uma interface gráfica que permite construção dos modelos através da utilização de diagramas de fluxo de processo e uma linguagem de programação, o que suporta os principais aspectos de um estudo de simulação (Banks et al, 2004).

Robinson (2004) sugere que existem três opções para o desenvolvimento de modelos computacionais: planilhas eletrônicas, linguagens de programação e softwares especialistas. As planilhas eletrônicas são a forma mais rudimentar de se criar modelos de simulação, sua aplicação no desenvolvimento de modelos computacionais torna-se cada vez mais difícil, à medida que se aumenta a complexidade do modelo. Assim, para a construção de modelos complexos é comum o emprego de uma linguagem de programação auxiliar como, por exemplo, o *Visual Basic*. Segundo Robinson (2004) as linguagens de programação como *Visual Basic*, C++ e Java proporcionam ao modelador uma grande flexibilidade na construção dos modelos, porém consomem deste um grande tempo aprendizagem.

Já os softwares especialistas podem ser divididos em duas classes: pacotes generalistas e pacotes de aplicação específica. As linguagens de programação de simulação e as ferramentas de simulação discutidas acima por Banks et al (2004) estão incluídas nestas duas classes.

Os pacotes generalistas são compostos principalmente pelas linguagens de programação de simulação e por ferramentas de simulação capazes de modelar um amplo conjunto de sistemas. Os pacotes de aplicação específica são aqueles constituídos por ferramentas de simulação destinadas a construção de modelos de simulação de sistemas ou processos específicos como, por exemplo, um modelo de *call center* ou programação de produção, assim apesar de possuírem uma boa interface e fácil utilização, esta classe de pacotes não permitem a modelagem de sistemas diferentes dos para que foram projetados.

O Quadro 28 apresenta um resumo da análise comparativa realizada por Robinson (2004).

Características	Planilhas	Linguagens de Programação	Softwares especialistas em Modelagem e Simulação
Faixa de Aplicação	Baixo	Alta	Médio
Flexibilidade de Modelagem	Baixo	Alta	Médio
Tempo de Construção do Modelo	Médio	Longo	Curto
Facilidade de Uso	Médio	Baixa	Alta
Facilidade de Validação do Modelo	Médio	Baixa	Alta
Velocidade de Execução do Modelo	Baixo	Alta	Média
Tempo para desenvolver competência na ferramenta	Curto (médio para o uso de macros)	Longo	Médio
Custo	Baixo	Baixo	Alto

Quadro 28 - Comparação entre ferramentas de modelagem e simulação. Adaptado de Robinson (2004)

Segunda a pesquisa *Inform's* (2013) do *The Institute for Operations Research and the Management Sciences* existem cerca de cinquenta ferramentas de simulação disponíveis para aplicações em áreas tão distintas como operações militares, de manufatura e simulação de procedimentos cirúrgicos etc.

A grande maioria destas ferramentas foi desenvolvida para suportar aplicações da metodologia de simulação de eventos discretos, mais difundida para resolução de problemas tratados pela Pesquisa Operacional. Porém, este método de simulação tradicional apresenta limitações, conforme apresentado nas seções anteriores os modelos construídos com esta metodologia utilizam estruturas como entidades, atividades, recursos e controles, o que permite modelagem de sistemas ao nível operacional e tático. Dentre as ferramentas de simulação discreta pode-se destacar o *Promodel, Arena, Automod, Extend, Simul8, Flexsim*.

Para construção de modelos de nível estratégico ferramentas baseadas na metodologia de dinâmica de sistemas são as mais indicadas. Os principais softwares encontrados para esta aplicação são *iThink, Stella, Vensim e Powersim*. A construção de modelos que representem de sistemas autônomos ainda é uma aplicação recente da teoria dos agentes, assim a grande maioria dos softwares disponíveis é de desenvolvimento acadêmico, pode-se destacar os softwares *Starlogo, Swarn, Netlogo, Repast, JADE, Cougaar e JACK*. Šalamon (2011) apresenta uma lista com 43 frameworks de desenvolvimento de modelos de ABMS, de acordo com sua pesquisa os frameworks mais empregados em pesquisa acadêmica são: Swarm, JADE, Repast, Netlogo, Cougaar, JACK, Anylogic, MASON, Aglets e StarLogo.

Uma relação completa dos softwares e suas principais características podem ser encontradas na *Biennial survey of discrete-event simulation software tools* (2013). Esta pesquisa realizada pelo INFORMS aponta para o crescimento de softwares que utilizam as metodologias de dinâmica de sistema e teoria dos agentes de forma isolada e o surgimento de uma ferramenta capaz de trabalhar com as três metodologias de forma isolada ou combinada.

Para o desenvolvimento desta pesquisa optou-se pelo software *Anylogic Professional 6.9.0* da *AnyLogic Company* (2013), a seguir são explicitadas as principais características desta ferramenta que justificam sua escolha.

O software *Anylogic Professional 6.9.0* é uma ferramenta de desenvolvimento de modelos de simulação que suporta as três metodologias mais empregadas atualmente (Sistemas de Eventos Discretos, Dinâmica de Sistemas e Teoria dos Agentes) em uma única plataforma. Isto é possível através do emprego de uma linguagem de programação orientada a objeto, Java, em toda sua estrutura de definição de dados, algoritmos e conectividade existente para as três metodologias. Os modelos podem ser desenvolvidos adotando-se uma única

metodologia ou através da combinação de metodologias. O software permite também a integração de modelos contínuos e discretos.

Outro diferencial proporcionado por esta ferramenta é permitir ao modelador agregar às facilidades de uso de um software especialista em modelagem e simulação à flexibilidade de uma linguagem de programação.

O software utiliza um processo de projeto do modelo de simulação baseado em orientação a objeto que permite a construção de modelos de grande escala de forma modular, hierárquica e incremental. O ambiente de desenvolvimento nativo Java baseado no IDE Eclipse garante a extensibilidade da ferramenta através da inclusão de códigos em linguagem Java, bibliotecas externas e fontes externas de dados.

Outra vantagem do ambiente nativo Java é a portabilidade do software e dos modelos desenvolvidos. *Anylogic 6.9* pode ser utilizado em sistemas operacionais *Windows, Mac e Linux*. *Applets* Java podem ser criados através do software tornando os modelos desenvolvidos portáteis e independentes da plataforma de desenvolvimento.

O ambiente gráfico de desenvolvimento do *Anylogic 6.9* agiliza o processo de criação do modelo por permitir que objetos de simulação pré-definidos possam ser arrastados para área de desenvolvimento e combinados para formar diversos componentes do modelo. Estes objetos de simulação pré-definidos estão organizados em bibliotecas por tipo de metodologia de simulação, componentes de programação lógica, desenho e análise estatística.

Além das características acima descritas, destacam-se como vantagens do *Anylogic*:

- Facilidade de integração com bases de dados externos e planilhas eletrônicas;
- Possibilidade de execução do modelo através do navegador de internet ou arquivo executável;
- Capacidade de animação 2D e 3D
- Ambiente de desenvolvimento amigável
- Serviço de suporte.

4.6. PASSO 6 – DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

Conforme explicitado na seção 3.2.6 do capítulo 3 em função da variedade de plataformas disponíveis para o desenvolvimento de modelos em ABMS e o baixo grau de padronização existente é necessário após a definição da ferramenta de simulação a execução de um passo

intermediário que consiste na elaboração de uma guia de transformação do modelo conceitual em modelo computacional.

O processo de desenvolvimento do modelo de simulação baseada em agentes no software *Anylogic* pode ser descrito através da resposta de nove questões (Borshchev, 2013):

1. *Quais os objetos no sistema real são importantes?* Estes objetos serão os agentes.
2. *Existem quaisquer relações persistentes ou parcialmente persistentes entre os objetos reais?* Estabelecer as ligações correspondentes entre os agentes.
3. *O ambiente (espaço) é importante?* Se sim, escolha o modelo de ambiente (espaço 2D, 3D e discreto) e coloque os agentes neste ambiente. Se os agentes são móveis, defina velocidades, caminhos etc.
4. *Identificar os eventos importantes na vida dos agentes.* Esses eventos podem ser disparados a partir do exterior, ou podem ser eventos internos provocados pela dinâmica própria do agente.
5. *Definir o comportamento dos agentes:*
 - 5.1. *Será que o agente apenas reage aos eventos externos?* Use entrega de mensagens ou chamadas de função.
 - 5.2. *Será que o agente tem uma noção de estado?* Use um diagrama de estados.
 - 5.3. *Será que o agente tem temporização interna?* Use eventos ou transições de tempo limite.
 - 5.4. *Existe um processo qualquer dentro do agente?* Desenhe um fluxograma de processos.
 - 5.5. *Há alguma dinâmica em tempo contínuo?* Crie um diagrama de estoque e fluxo dentro do agente.
6. *Os agentes se comunicam?* Use diagramas de sequência de mensagens para projetar as comunicações e os padrões de temporização.
7. *Quais informações os agentes mantém?* Isto será uma memória ou estado de informação do agente. Use variáveis e diagramas de estados.
8. *Existe alguma informação ou dinâmica externa a todos os agentes e compartilhada por todos os agentes?* Se sim, haverá uma parte global do modelo (o termo ambiente às vezes é usado em seu lugar).
9. *Qual saída está sendo procurada?* Defina a coleta de estatísticas, tanto a nível individual como agregado.

As questões propostas por Borshchev (2013), apesar de desenvolvidas de forma independente, apresentam grande similaridade como os passos iniciais do método desenvolvido por Šalamon (2011).

A partir destas questões Borshchev (2013) propõem cinco fases para o desenvolvimento do modelo no *Anylogic*:

I. *Modelagem conceitual*

Nesta primeira fase é executada ainda externamente a ferramenta de simulação e consiste na descrição dos agentes, considerando quais os eventos importantes em suas vidas, os comportamentos que podem assumir. São utilizados diagramas de estado, fluxogramas de processos, diagramas de estoque e fluxo para explicitar estes eventos e comportamentos. Após a descrição dos agentes, deve ser descrita a comunicação entre os agentes através de uma diagrama de sequência de mensagens. Finalmente são definidos os parâmetros do ambiente onde os agentes irão interagir. As questões e o desenvolvimento desta primeira fase propostas por Borshchev (2013), apesar de desenvolvidas de forma independente, apresentam grande similaridade como os passos iniciais do método desenvolvido por Šalamon (2011), assim esta fase proposta fosse desenvolvida estaríamos executando atividades em duplicidade, algumas até com menor nível de detalhamento.

II. *Modelagem no Anylogic*

Nesta fase busca-se implementar o modelo proposto na modelagem conceitual na linguagem do software. Devido a diversidade de características dos modelos baseados em agentes não existe uma biblioteca universal que facilite o desenvolvimento dos modelos como está disponível em outras abordagens, porém, mesmo dentro desta diversidade é possível identificar alguns padrões de projeto que simplificam o desenvolvimento de modelos baseados em agentes e são suportados pelo software *Anylogic*:

- Arquitetura Modelo;
- Sincronização dos agentes (passos);
- Ambiente ou espaço (contínuo, discreto ou GIS)
- Mobilidade e animação espacial dos agentes;
- Conexão (redes) e comunicação entre os agentes
- Criação e destruição dinâmica de agentes.

Um modelo baseado em agentes típico em *Anylogic* possui uma arquitetura mínima composta por duas classes de objetos ativos: Classe Principal (*Main Class*) um objeto de nível superior onde os agentes seriam contidos e uma Classe Agente (*Agent Class*), que pode representar, por exemplo, um agente do tipo Fornecedor. A classe Fornecedor é declarada como *Agent*, está é uma subclasse especial da Classe *ActiveObject* que estende esta última com serviços úteis para Modelagem Baseada em Agentes.

A classe Agente fornece os seguintes serviços através de sua API - Interface de Programação de Aplicativos (*Application Programming Interface*) e também através das página de propriedades do agente:

- Permite que diferentes agentes compartilhem o mesmo ambiente. O ambiente é especificado nas instâncias de classe de objeto ativo.
- Permite introduzir passos discretos para sincronizar as ações dos agentes;
- Suporta movimento do agente no espaço contínuo, 2D ou 3D.
- Suporta comunicação do agente através da transmissão de mensagens.

O Ambiente (*Environment*) é um construtor especial utilizado para definir as propriedades comuns a um grupo de agentes, ele é definido na classe principal (*Main Class*). O Ambiente é responsável pela manutenção do espaço no modelo, pela criação de redes de diferentes tipos e pelo processo de sincronização dos agentes.

Assim, a primeira etapa para construção do modelo é a criação das classes de agentes e do ambiente. No modelo proposto existem três classes de agentes que habitam o mesmo ambiente denominado mercado: fornecedores, clientes e intermediários.

A segunda etapa consiste no desenvolvimento dos diagramas e fluxogramas que irão representar os objetivos e comportamentos internos dos agentes, bem como os processos de comunicação dos agentes. Conforme discutido anteriormente, o *Anylogic* suporta o desenvolvimento deste comportamentos através de diagramas de estado, de fluxo e estoque e de ação.

Para Borshchev (2013) esta etapa de desenvolvimento do modelo deve ser repetida até que se obtenha o grau de refinamento do modelo desejado, o autor propõe que o modelo seja implementado em etapas crescentes de complexidade para que se possa verificar a existência de erros.

III. Coleta de Estatísticas

Para avaliar as saídas do modelo de simulação desenvolvido é necessário coletar dados produzidos pelo modelo. O *Anylogic* possui a funcionalidade de capturar e calcular informações estatísticas de series de dados contínuos e discretos. Determinado contagens, somas, valores

médios, máximos e mínimos. Além da produção de gráficos diversos para visualização dos resultados.

Para realizar a coleta de dados estatísticos no modelo deve-se selecionar a opção estatísticas na páginas de propriedades dos objetos que se deseja avaliar.

IV. Painel de Controle

Após o desenvolvimento do modelo e da criação dos métodos para coleta de dados e cálculos de estatísticas o próximo a etapa de desenvolvimento no *Anylogic* é a criação de um painel de controle que permita a variação de parâmetros e políticas para que se possa avaliar os resultados produzidos.

Um painel de controle pode ser construído com adição de botões e *sliders* que definem valores para diferentes parâmetros ou selecionam entrem políticas pré-definidas.

O *Anylogic* possui uma paleta de recursos denominada controle que possui uma gama de controles do tipo botão, caixa de seleção, *slider* que podem ser relacionados a parâmetros do modelo.

V. Definição da Solução

Nesta fase busca-se determinar a solução para o problema em estudo. *Anylogic* tem um otimizador metaheurístico incorporado que pode ser utilizado para encontrar valores das variáveis de decisão de um modelo que determinam a solução mais próxima do ótimo para uma função objetivo definida.

4.7. PASSO 7 – DEPURAÇÃO E TESTE DO MODELO DE SIMULAÇÃO

Verificação e validação são partes essenciais do processo de desenvolvimento de um modelo de simulação sua utilização é responsável por eliminar barreiras e objeções ao uso do modelo.

A verificação refere-se a uma avaliação do desempenho do modelo quanto as suas especificações e programação. Portanto, o processo de verificação consiste na depuração de erros e resultados do modelo.

Conforme apresentado no item 3.2.7 em função das características emergentes dos modelos baseados em agentes métodos de verificação tradicional podem ser dispendiosos e não oferecer a garantia de remoção de erros, desta forma adota-se um processo de depuração em camadas onde primeiro são realizados testes nos agentes individuais, depois no processo de interação entre os agentes e finalmente no modelo como um todo.

No modelo proposto, em uma primeira etapa os agentes individuais foram submetidos a dois testes de depuração, o primeiro automático foi realizado com o auxílio do software *Anylogic* que suporta uma verificação de tipos, parâmetros e sintaxe enquanto a programação é executada. Assim o próprio software pode detectar problemas e erros de lógica, os mesmos são apresentados em uma tela de erros chamada *Anylogic Problems View* que exibe uma descrição do erro e sua localização, ver exemplo na Figura 45. Além desta tela de erros, o programa adiciona bandeiras de atenção e erro nos campos onde existem problemas. Alguma ajuda sobre a função em destaque também é fornecida para facilitar a solução desta categoria de problema.

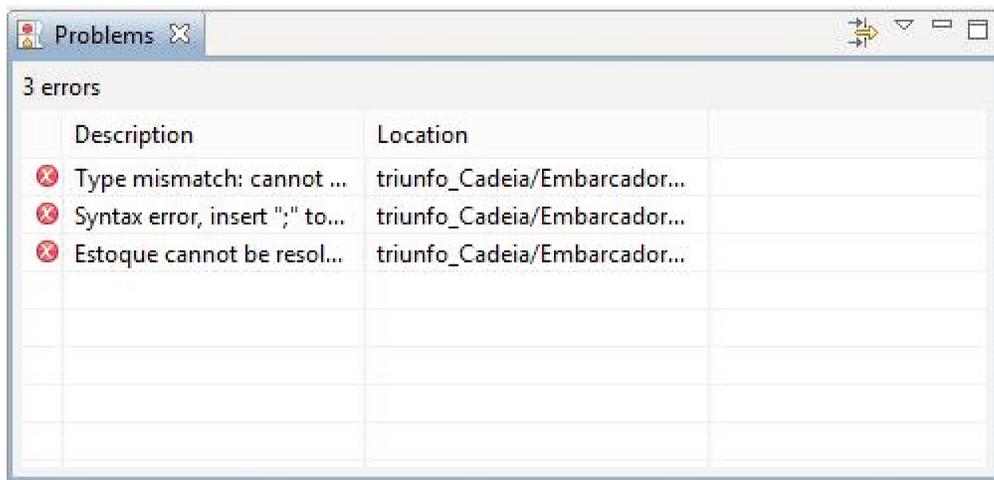


Figura 45 – Janela *Anylogic Problem View*

O segundo teste de verificação individual dos agentes foi realizado através da adição de um agente *dummy* cujo objetivo era interagir com o agente que se deseja avaliar. O agente *dummy* foi programado para enviar e receber mensagens.

A verificação do agentes é feita através da avaliação dos resultados obtidos pela troca de mensagens, para exemplificar o processo realizado, apresenta-se o teste realizado com o agente fornecedor. Foi construído um agente *dummy* com objetivo de testar o processo de colocação de pedido, cálculo de estoque e definição de preço. Uma tela de *log* de saída registra a troca de mensagens pelos agentes e permite que seja executada uma verificação e identificação de possíveis erros críticos, este processo é conduzido de formal manual.

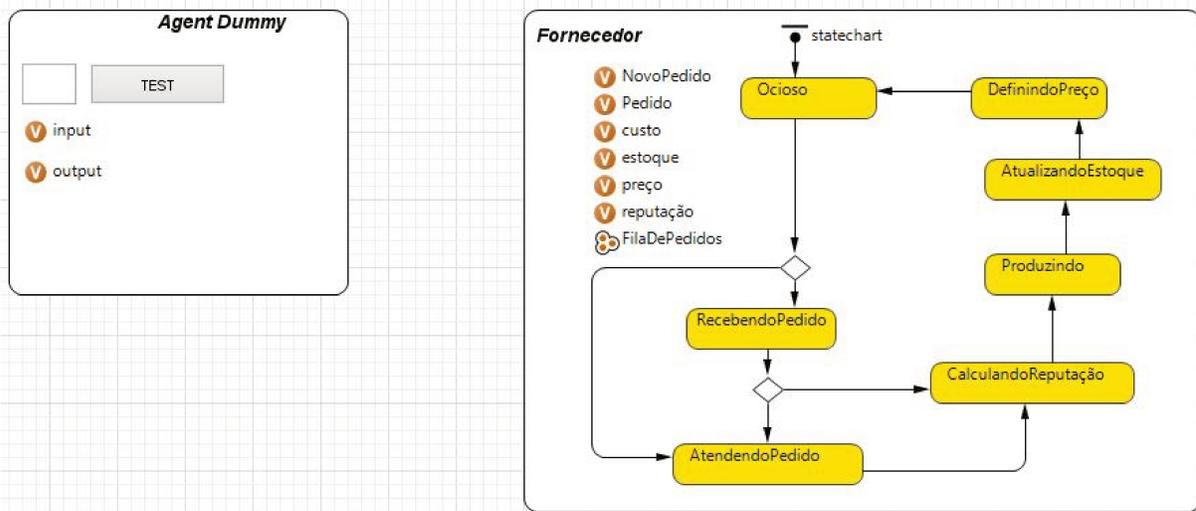


Figura 46 – Processo de Verificação individual dos Agentes

A segunda etapa de verificação é realizada através testes realizados aos pares entre agentes. No modelo proposto foram executados três testes desde tipo: fornecedor-intermediário, cliente-intermediário, fornecedor-cliente.

A terceira e última camada de testes, o modelo completo composto por um agente de cada tipo é executado com valores de entrada conhecidos. Neste processo o modelo é executado de forma determinística e busca-se verificar a ocorrência de erros durante o processo de interação dos agentes. Compara-se assim os resultados gerados através do modelo com um conjunto de saídas conhecidas. Novamente utiliza-se para esta verificação um registro de saídas do tipo log, que registra todas as mensagens trocadas entre os agentes e os valores calculados das diferentes variáveis do modelo. A verificação ocorre de forma manual contrapondo os resultados do modelo as saídas conhecidas.

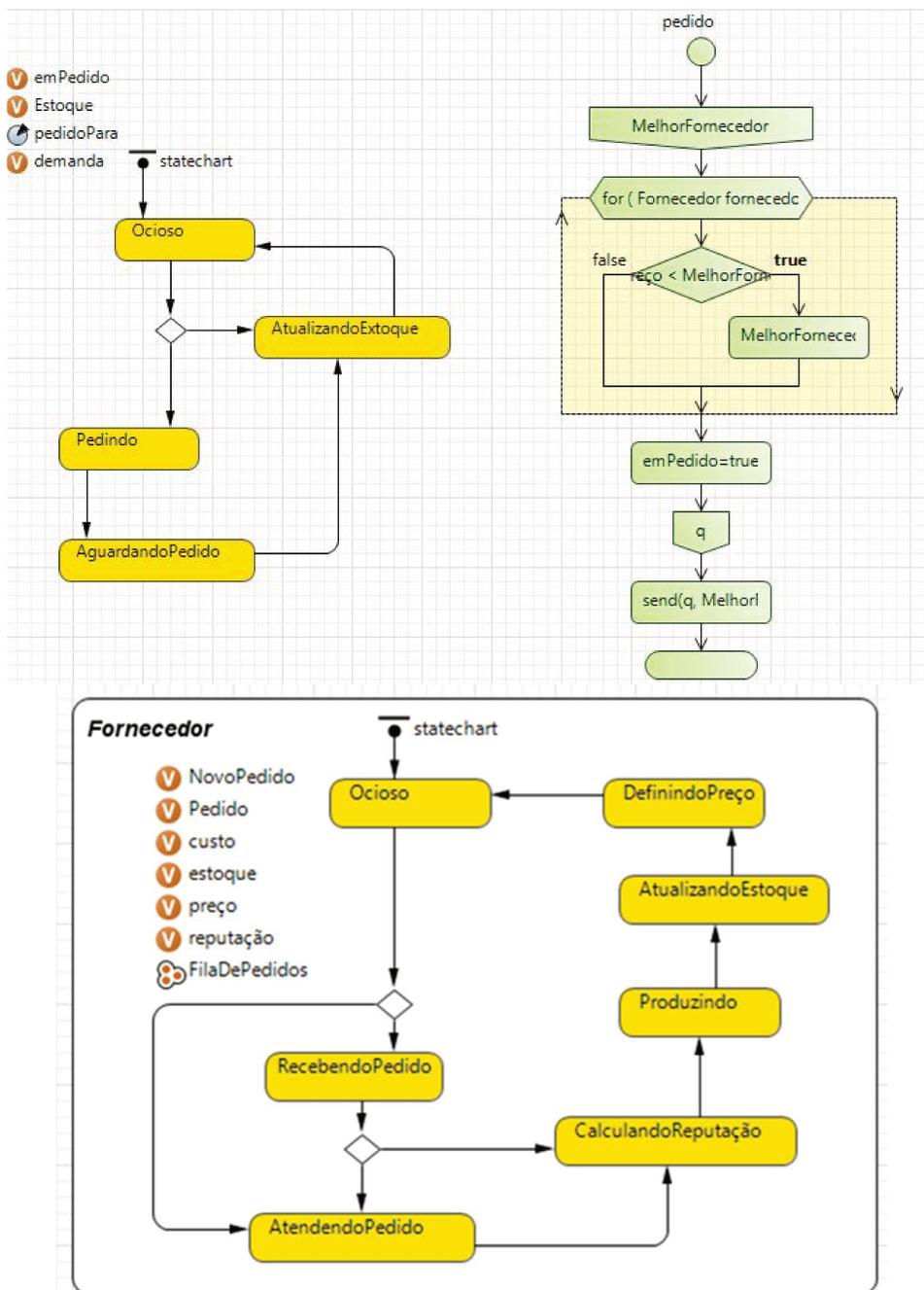


Figura 47 – Processo de Verificação dos Agentes aos pares

4.8. PASSO 8 – AVALIAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

A validação por outro lado preocupa-se com a representação e reprodução correta através do modelo de comportamentos do sistema real. Mesmo quando o sistema funciona de forma

apropriada, ou seja, sem erros de execução ele pode estar produzindo dados imprecisos ou tendenciosos. A avaliação do modelo busca resolver este tipo de questão.

Para execução da avaliação do modelo será empregado o processo de comparação dos resultados gerados através da simulação com um conjunto de dados reais. Em função da variabilidade inerente aos processos simulados não espera-se encontrar resultados idênticos entre os valores gerados pelo modelo e os dados reais. Busca-se na verdade comparar tendência e o processo dinâmico do sistema, neste caso os valores de saída são apenas um dos indicadores considerados na avaliação do modelo. Tão importante quanto os valores numéricos gerados e a adequação do modelo no que diz respeito ao comportamento individual dos agentes e do sistema como todo.

Também cabe destacar que o processo de avaliação do modelo não se inicia após a conclusão do modelo de simulação computacional como destacam North e Macal (2007), a avaliação do modelo deve ocorrer em todas as etapas de desenvolvimento do modelo. Assim, será seguida proposta dos autores onde são executadas as seguintes avaliações do modelo, já apresentadas no capítulo 3 seção 3.2.8.

- *Validação de Requerimentos*
- *Validação de Dados*
- *Validação de Face*
- *Validação de Processos*
- *Validação de Resultados do Modelo*
- *Validação de Agente*
- *Validação de Teoria*

5. APLICAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados da simulação do modelo computacional desenvolvido no capítulo 4, para uma aplicação no setor de transportes. O objetivo do capítulo é explorar a aplicabilidade do modelo e avaliar seu comportamento em uma situação típica de transporte dentro de uma cadeia de suprimentos. O capítulo está dividido em três partes. Na primeira parte é apresentada a descrição do problema abordado nesta aplicação. Na segunda parte são apresentados os dois cenários considerados para simulação. Na terceira e última parte são discutidos os resultados do modelo considerando os impactos das diferentes políticas de relacionamentos sobre o desempenho da cadeia de suprimentos.

5.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O foco desta aplicação são as relações desenvolvidas entre um embarcador, seus clientes e prestadores de serviços de transporte em operações logísticas.

Nos últimos anos o setor de transportes rodoviário de cargas brasileiro tem vivenciado diversas transformações como, o aumento da profissionalização das empresas do setor, com consequente elevação dos padrões de serviço, além de um forte processo de consolidação de empresas através de fusões e aquisições. Os efeitos destas transformações podem ser percebidos tanto no acirramento da concorrência entre empresas quanto na elevação da pressão sobre os valores do frete. Pressões externas, como maior regulamentação do setor e o crescente aumento das restrições de circulação de veículos de carga também tem colaborado na promoção de mudanças no setor (Wanke e Fleury, 2006; Cibulska *et al.*, 2010; Tedesco *et al.*, 2011).

Porém, apesar do cenário de mudança, o setor ainda enfrenta diversos problemas (Botter, Tacla e Hino, 2006):

- Filas para carga e descarga em portos, terminais e empresas;
- Congestionamentos;
- Roteiros improdutivos;
- Baixa colaboração entre embarcadores e transportadores;
- Planejamento deficitário entre os setores de compras e vendas, com consequente desalinhamento com o setor de logística e produção das empresas.

O Quadro 29 mostra, qualitativamente quais parcelas dos custos de transporte são impactadas por estes problemas (Tacla *et al.*, 2008).

Problemas	Impactos					
	Custo de Capital	Salário Motorista	Combustível	Manutenção	Pneu	Custos Diretos Operacionais
Filas	X	X				X
Roteiros			X	X	X	X
Infraestrutura	X	X	X	X	X	X
Colaboração	X	X	X	X	X	X
Congestionamentos		X	X	X		
Planejamento	X	X	X			X

Quadro 29 – Reflexos dos problemas de transporte. Adaptado de Tacla et al., 2008

Para Tacla *et. al.* 2008 as variáveis que melhor resumizam os problemas apontados são: tempo em transito; tempo de carga e descarga; consolidação de carga; e o aproveitamento do veículo.

O cenário da cadeia de suprimentos em estudo não difere muito do panorama do setor apresentado por Tedesco *et al.* (2011) e dos problemas apontados por Tacla *et. al.* 2008.

O estudo tem como foco um grande embarcador que atua no setor de consumo, por motivos de confidencialidade a empresa será denominada Agente EMBARCADOR. As outras empresas em foco são transportadoras de médio e grande porte, que atuam no setor a mais de 10 anos para um variado conjunto de clientes; a partir de agora estas empresas de transporte serão nomeadas como Agentes TRANSPORTADORAS. Também é considerado para o modelo um conjunto de agentes denominados Agentes CLIENTES, responsáveis pela colocação dos pedidos para o Agente EMBARCADOR.

O processo de interação dos agentes pode ser descrito como: O Agente CLIENTE coloca um pedido de compra, após esforço de vendas do Agente EMBARCADOR. O Agente EMBARCADOR aciona seus fornecedores de serviços de transporte, Agente TRANSPORTADORA, e coloca o pedido de transporte. O Agente TRANSPORTADORA inicia o processo de mover a carga a partir das instalações do Agente EMBARCADOR até o Agente CLIENTE, respeitando os níveis de serviço estabelecidos em contrato. A Figura 48 apresenta esquematicamente os agentes mencionados e alguns dos seus fluxos de interações.

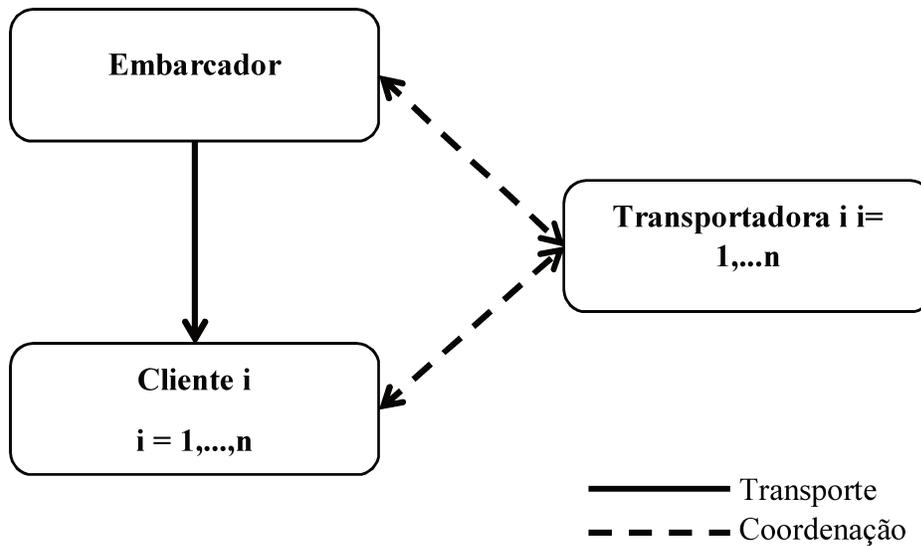


Figura 48 – Agentes do Modelo e fluxo de interações

Os Agentes CLIENTES colocam o pedido com uma frequência diária, o pedido mínimo aceito pelo Agente EMBARCADOR é de 2 toneladas. Observa-se que o valor de pedido mais frequente é 5 toneladas, e valor máximo solicitado é 24 toneladas, conforme apresentado no Gráfico 1 que representa o histograma com a distribuição dos pedidos.

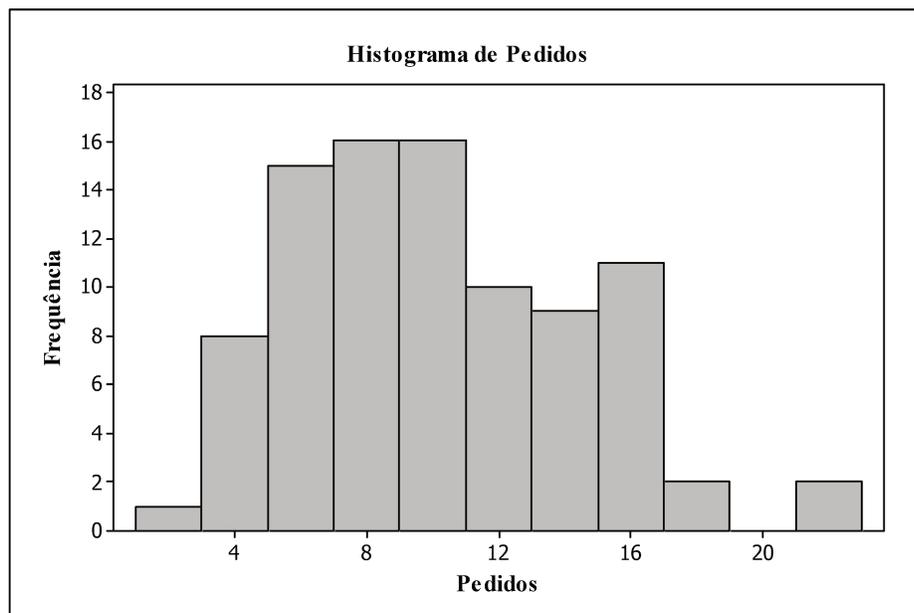


Gráfico 1 – Histograma de distribuição de pedidos

Após a colocação do pedido o Agente EMBARCADOR seleciona a transportadora em função do preço do frete e capacidade de transporte. Os tipos de veículos utilizados pelo EMBARCADOR podem ser classificados como:

- Grandes: capacidade para transporte de 15 a 30 toneladas;
- Médios: capacidade de transporte de 5 a 15 toneladas; e
- Pequenos: capacidade de transporte de 2 a 5 toneladas.

Os veículos com carga completa ou lotação são despachados diretamente das instalações do Agente EMBARCADOR para o Agente CLIENTE. Caso a carga seja parcial, caracterizada por fração e não lotação, o Agente TRANSPORTADORA realiza um conjunto de operações de transferência e consolidação até chegar ao destino final. O desempenho do Agente TRANSPORTADORA será melhor quando este possuir maior volume de cargas e utilizar caminhões de maior capacidade, aumentando a ocupação dos mesmos.

Para qualquer uma das situações descritas acima, considera-se que o *lead time* (tempo total decorrido da colocação do pedido, seu processamento, alocação, faturamento e entrega para o cliente) da operação não deve ser superior a três dias. O *transit time* de entrega considerado é de no mínimo 1 dia e no máximo 2 dias, o valor frequente é 1,3 dias conforme apresentado no Gráfico 2 de histograma que apresenta a distribuição do *transit time*.

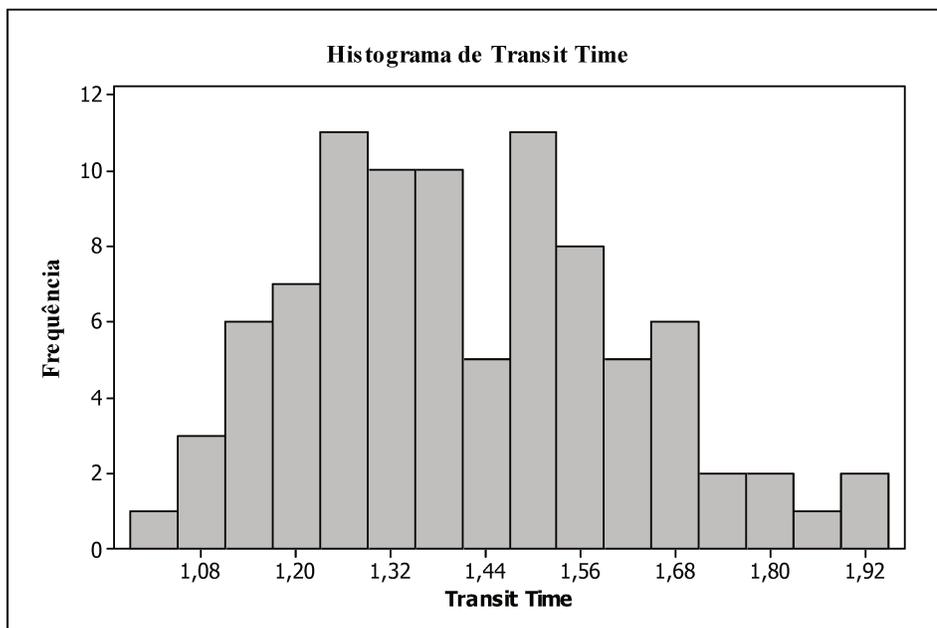


Gráfico 2 – Histograma de Transit Time

No sistema real descrito, o critério de desempenho dos Agentes TRANSPORTADORAS adotado pelo Agente EMBARCADOR é bastante usual, considerando coletas e entregas no prazo, custo do frete por unidades expedidas, avarias e não conformidades no transporte e acuracidade no conhecimento de frete. Este processo de avaliação é realizado mensalmente e um desempenho ruim no período é punido com a redução do número de fretes ou mesmo a exclusão da transportadora da carteira de fornecedores.

O modelo computacional considera os objetivos e decisões do Agente EMBARCADOR, bem como dos outros agentes envolvidos na Cadeia de Suprimentos, cada um dos outros agentes envolvidos possuem objetivos específicos, que precisam ser explicitados no processo de modelagem. Adota-se para o desenvolvimento deste modelo que os agentes possuem uma visão econômica e racional dos objetivos. No Quadro 30 são apresentados o objetivo gerais e específicos dos agentes.

Agentes	Embarcador	Cliente i (1 → n)	Transportadora i (1 → n)
Objetivo Geral	Maximização do lucro	Preço baixo	Maximização do lucro
Objetivos Intermediários	Satisfação dos clientes com o serviço	Ser atendido com qualidade e no prazo	Maior Ocupação dos veículos Satisfação dos clientes com o serviço

Quadro 30 – Objetivos dos Agentes

Para alcançar os objetivos expostos anteriormente, os agentes devem tomar uma série de decisões. Estas decisões podem ser observadas no Quadro 31.

Agentes	Embarcador	Cliente i (i → n)	Transportadora i (i → n)
Decisões	Definir o preço do produto para Cliente Escolher a Transportadora	Definir o pedido de compra Avaliar o desempenho da Transportadora	Definir o preço do frete para Embarcador

Quadro 31 – Conjunto de decisões dos Agentes

Considerações sobre as premissas e simplificações adotadas para o desenvolvimento do modelo são discutidas na sequência e apresentadas no Quadro 32.

Uma das primeiras simplificações adotadas considera a cadeia de suprimentos composta apenas pelos agentes representados no modelo, portanto não são consideradas cadeias correntes, também não são representados elos posteriores e anteriores dos agentes descritos.

Por simplificação, considera-se que todos os agentes estão localizados em uma microrregião com 500 km de raio, sendo este o parâmetro inicial para determinação de preços de transporte.

Outra simplificação adotada é que o Agente EMBARCADOR comercializa apenas um tipo de produto, fornecido também em apresentação única. As demais premissas e simplificações são apontadas no Quadro 32.

Premissas do Modelo	
Quantidade de Agentes na simulação	São considerados para o desenvolvimento da simulação e análise de resultados um modelo com: 01 EMBARCADOR, 10 TRANSPORTADORAS e 50 CLIENTES
Produção EMBARCADOR	Adota-se como premissa que os insumos necessários a produção estão sempre disponíveis ao Agente EMBARCADOR, sua estratégia de produção é simplificada, considera-se que a empresa produz e sempre tem o suficiente para repor o que foi consumido no período. Por simplificação adota-se que o Agente EMBARCADOR trabalha com apenas um tipo de produto disponível também em apresentação única.
Preço EMBARCADOR	O preço do produto é determinado por fatores exógenos ao modelo. Considera-se que o preço unitário do produto tem valor de R\$ 10/kg.
Custo de Produção EMBARCADOR	O custo de produção e armazenagem adotado é de R\$ 6,00/kg
Critério de escolha da TRANSPORTADORA	O critério de escolha do Agente TRANSPORTADORA é efetuado através de dois critérios: preço e capacidade.

Quadro 32a – Resumo das premissas e simplificações adotadas para o modelo

Premissas do Modelo	
Demanda CLIENTE	A demanda do Agente CLIENTE é uma variável exógena do modelo, os valores reais da demanda fornecidos, permitem estimar a demanda através de uma função de distribuição de probabilidade, por simplificação, adota-se uma distribuição triangular com valor inferior de 2 ton, superior 24 ton e moda 5 ton.
Preço TRANSPORTADORA	O preço é uma variável exógena ao modelo. Considera-se um preço em R\$/ton. Os valores serão determinados por uma distribuição de probabilidades do tipo normal, com média igual a R\$ 125/ton e desvio padrão igual R\$ 12/ton.
<i>Transit time</i> TRANSPORTADORA	O <i>transit time</i> de transporte é estimado através de uma distribuição de probabilidade, os dados disponíveis permitem ajustar uma distribuição triangular com valor inferior de 1 dia, superior de 2 dias e moda 1,3 dias.
Tempo Total do Pedido	O tempo total de pedido é calculado desde do momento da colocação do pedido até sua entrega para o Agente CLIENTE.

Quadro 32b – Resumo das premissas e simplificações adotadas para o modelo

A partir dos elementos expostos acima, o problema proposto para o modelo de simulação desenvolvido é avaliar frente a duas estratégias de relacionamento entre os agentes descritos a que irá fornecer o melhor desempenho.

5.2. PRINCIPAIS COMPONENTES DO MODELO

Na sequência é apresentada uma breve descrição dos agentes e do ambiente.

5.2.1. Agente EMBARCADOR

Conforme mencionado anteriormente, o Agente EMBARCADOR é responsável por coletar os pedidos dos Agentes CLIENTES e selecionar um operador de transportes dentre os Agentes TRANSPORTADORAS para realizar a entrega.

No Quadro 33 são apresentados os principais componentes que constituem o Agente EMBARCADOR. A variável “*estoque*” representa a quantidade disponível de produto e *preço* corresponde ao valor unitário de venda do produto. A variável “*custoProduçãoUnit*” representa o

custo de produção unitário e a variável “*custoTransporte*” acumula o valor do custo de transporte pago em função dos valores definidos pelas transportadoras.

As variáveis “*volumePedidos*”, “*volumeEmbarquesDiretos*” e “*volumeEmbarquesConsolidados*” acumulam os valores do tamanho do pedido para cada uma das categorias. As variáveis “*pedidoDiretos*”, “*pedidoConsolidados*” representam o tamanho dos pedidos. As variáveis “*embarquesDiretos*” e “*embarquesConsolidados*” são utilizadas para calcular a soma de embarques em cada uma das categorias. As variáveis “*vGrande*”, “*vMedio*” e “*vPequeno*” acumulam as quantidades de veículo correspondentes ao tipo de veículo adotado para o embarque.

Os elementos “*filaEmbarque*”, “*filaPedidosDiretos*” e “*filaPedidosConsolidar*” são coleções do tipo *array* que representam filas de pedidos e embarques. O parâmetro “*pedidoPara*” é empregado para referenciar o fornecedor de transporte selecionado como melhor opção.

Os eventos “*EmbarqueDireto*” e “*EmbarqueConsolidado*” são empregados para execução dos processos de expedição direta e expedição consolidada descritos na sequência. O evento “*EmbarqueDireto*” é executado de forma cíclica a cada 30 minutos. Já o evento “*EmbarqueConsolidado*” é executado de forma cíclica a cada 4 horas.

Os componentes “*HisPedidosDiretos*”, “*HisPedidosConsolidados*”, “*SeriePedidosDiretos*” e “*SeriePedidosConsolidados*” tem função de armazenar e calcular dados estatísticos do modelo como distribuição de frequências, médias e desvio padrão.

A Figura 49 apresenta o fluxo do processo de recebimento de pedidos no Agente EMBARCADOR para armazenamento na fila de Pedidos. Na situação atual todos os pedidos são tratados como embarques individuais. A Figura 50 representa o processo com o critério de separação em pedidos para expedição direta e pedidos para consolidar, o que representa a situação proposta no segundo cenário de análise. Assim, quando o pedido é recebido o Agente EMBARCADOR verifica o tamanho do pedido e o adiciona à fila corresponde: “*filaPedidosDiretos*” e “*filaPedidosConsolidar*”.

<i>Nome</i>	<i>Tipo de Componente</i>		<i>Nome</i>	<i>Tipo de Componente</i>	
estoque	variável	V	embarquesDiretos	variável	V
preço	variável	V	embarquesConsolidados	variável	V
custoProduçãoUnit	variável	V	volumeEmbarquesConsolidados	variável	V
custoTransporte	variável	V	volumeEmbarquesDiretos	variável	V
volumePedidos	variável	V	vGrande	variável	V
pedidosDiretos	variável	V	vMedio	variável	V
pedidosConsolidados	variável	V	vPequeno	variável	V
filaEmbarque	coleção	🍪	EmbarqueDireto	evento	⚡
filaPedidosDiretos	coleção	🍪	EmbarqueConsolidado	evento	⚡
filaPedidosConsolidar	coleção	🍪	SeriePedidosConsolidados	dados	📊
pedidoPara	parâmetro	🕒	SeriePedidosDiretos	dados	📊
HistPedidosConsolidados	histograma	📊	HistPedidosDiretos	histograma	📊

Quadro 33 – Principais variáveis, parâmetros e eventos do Agente EMBARCADOR

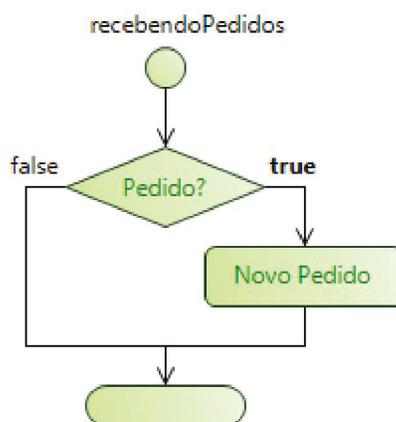


Figura 49 – Processo de Recebimento de Pedidos Agente EMBARCADOR: Cenário Competitivo

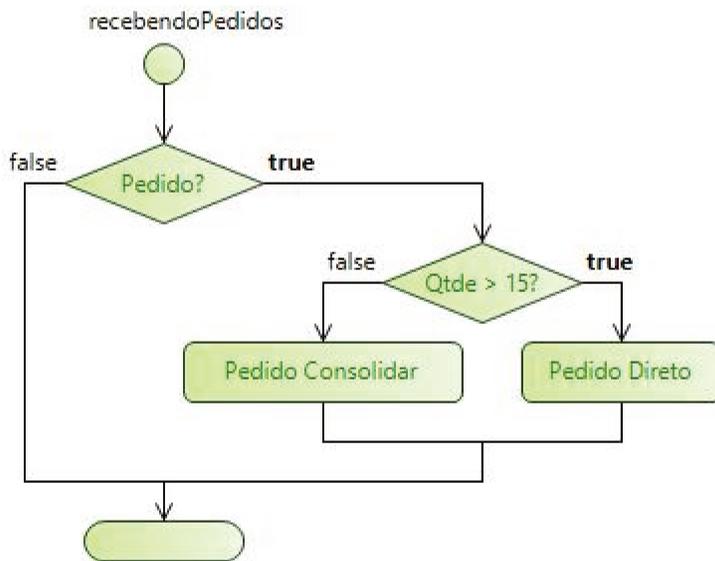


Figura 50 – Processo de Recebimento de Pedidos Agente EMBARCADOR: Cenário Colaborativo

A Figura 51 e Figura 52 representam os fluxos de expedição direta e consolidada que incluem o processo de seleção do melhor fornecedor de transporte (Agente TRANSPORTADORA). O critério de seleção adotado pelo Agente EMBARCADOR é preço, sendo está uma simplificação atende o seu objetivo principal de maximizar o lucro.

O processo de expedição consolidada é empregado apenas no Cenário Colaborativo. Neste processo os pedidos classificados para consolidação são retidos por 4 horas no intuito de formar uma carga para veículo grande. Na impossibilidade de formar uma carga consolidada ao final deste período, os pedidos são despachados como embarques diretos.

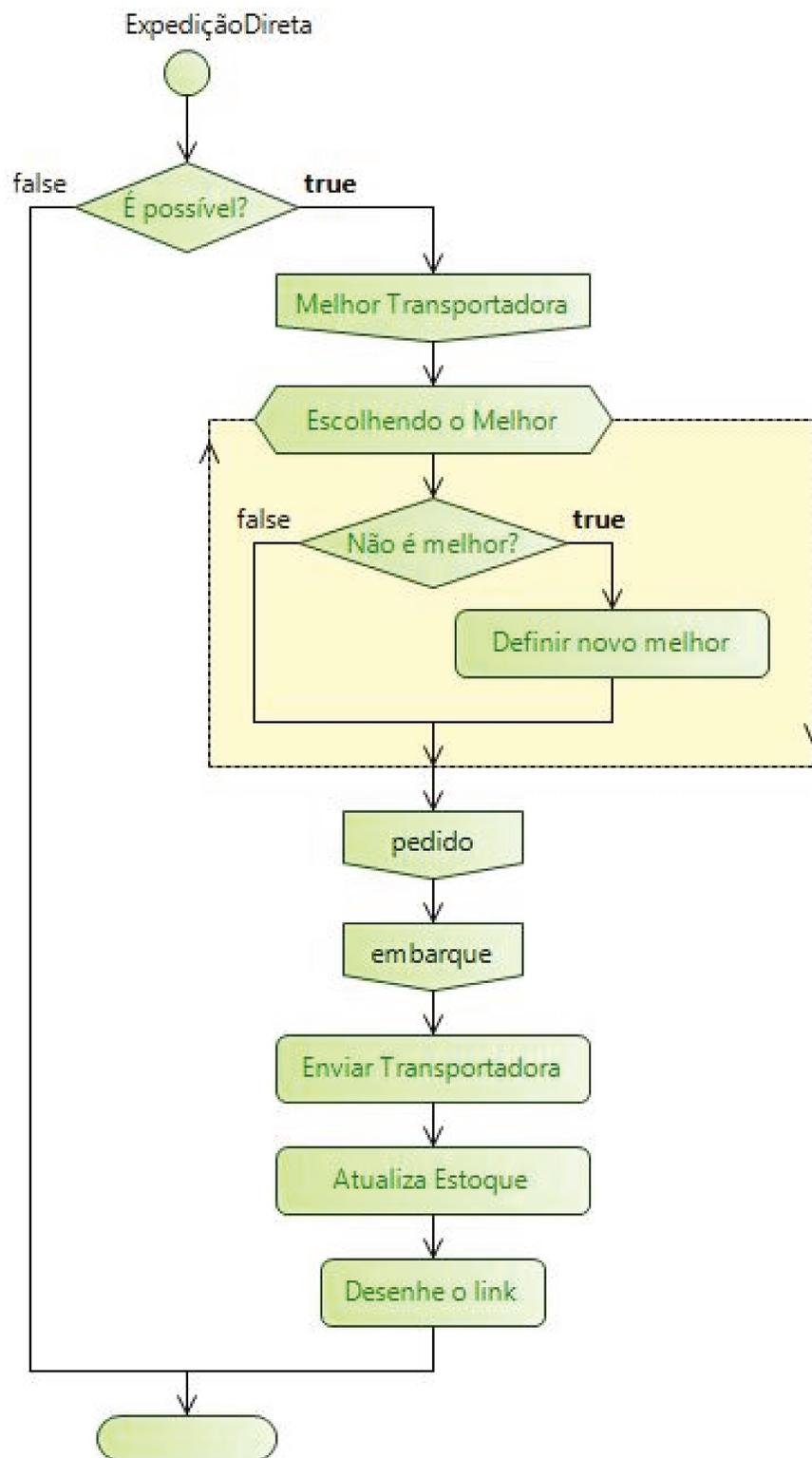


Figura 51 – Processo de expedição de pedidos e seleção do fornecedor de transportes Agente EMBARCADOR

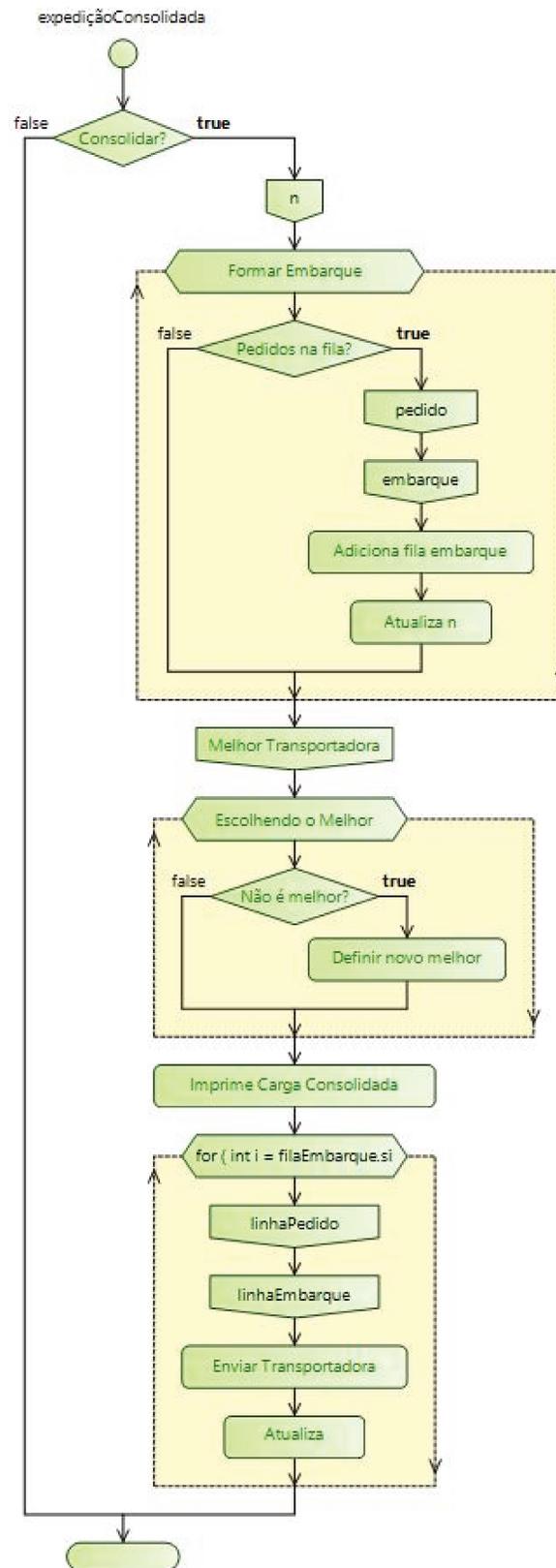


Figura 52 – Processo de Expedição Consolidada e seleção do fornecedor de transportes Agente EMBARCADOR

5.2.2. Agente CLIENTE

O Agente CLIENTE é responsável pela colocação do pedido, no Quadro 34 são apresentados suas principais variáveis, parâmetros e eventos.

<i>Nome</i>	<i>Tipo de Componente</i>		<i>Nome</i>	<i>Tipo de Componente</i>	
demanda	variável		pedido	evento	
pedidoJaColocado	variável		estoque	estoque	
tempo	variável		pedidoPara	parâmetro	
dataLeadTime	histograma				

Quadro 34 - Principais variáveis, parâmetros e eventos do Agente CLIENTE

O evento pedido é responsável pela execução do processo “colocarPedido” e o cálculo do valor da variável demanda. As variáveis “pedidoJaColocado” indicam que a realização do pedido já foi executada. A variável “tempo” guara o valor do momento de colocação do pedido e serve de base para que o elemento estatístico “dataLeadTime” calcule o valor do tempo total do pedido. O parâmetro “pedidoPara” relaciona o fornecedor selecionado e a elemento *estoque* é responsável por armazenar os produtos recebidos.

A Figura 53 ilustra o processo de recebimento de pedidos pelo Agente CLIENTE e a Figura 54 apresenta o processo de colocação de pedidos e seleção do fornecedor pelo Agente CLIENTE.

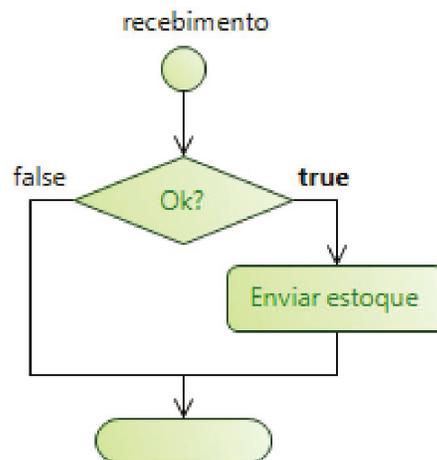


Figura 53 - Processo de Recebimento de Pedidos Agente CLIENTE

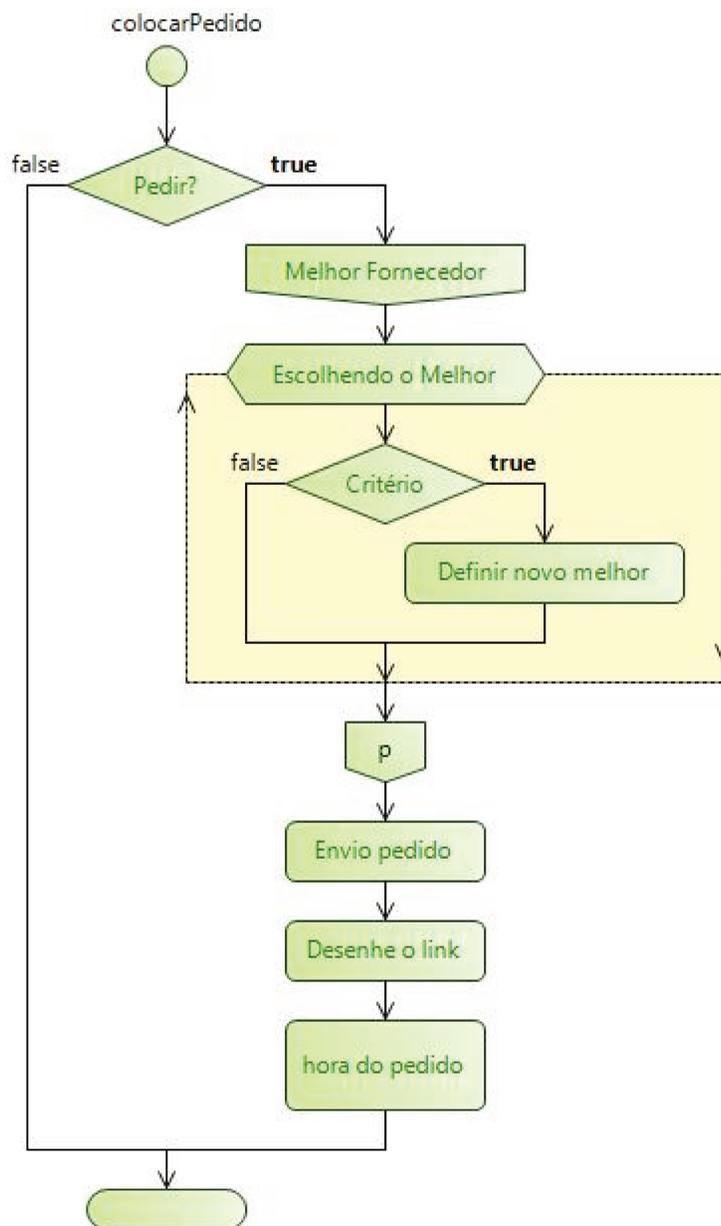


Figura 54 - Processo de colocação de pedidos e seleção do fornecedor Agente CLIENTE

5.2.3. Agente TRANSPORTADORA

No Quadro 35 são apresentadas as principais variáveis, parâmetros e eventos do Agente TRANSPORTADORA. Este agente é responsável pelo transporte dos pedidos a partir das dependências do Agente EMBARCADOR até os Agentes CLIENTES.

<i>Nome</i>	<i>Tipo de Componente</i>		<i>Nome</i>	<i>Tipo de Componente</i>	
					
capacidade	variável		filaPedidosDeTransporte	coleção	
preço	variável		envio	evento	
vGrande	variável		embarques	evento	
vMedio	variável		ajustePreço	evento	
vPequeno	coleção				

Quadro 35 - Principais variáveis, parâmetros e eventos do Agente TRANSPORTADORA

A variável “*capacidade*” representa o volume em toneladas disponível no Agente TRANSPORTADORA, a variável “*preço*” representa o valor pago em reais por toneladas pelo Agente EMBARCADOR pelo serviço de transportes. As variáveis “*vGrande*”, “*vMedio*” e “*vPequeno*” acumulam os tipos de veículos utilizados pela Agente TRANSPORTADORA para servir ao Agente EMBARCADOR.

A coleção “*filaPedidosDeTransporte*” representa uma fila e acumula os pedidos de transporte recebidos.

Os eventos “*embarques*” e “*preço*” acionam respectivamente a execução dos processos de transporte e atualização dos preços de frete. O evento “*envio*” dispara a entrega do produto para o cliente, este evento segue uma distribuição de probabilidades do tipo triangular com valor mínimo de 1 dia, valor máximo de 2 dia e moda 1,3 dias.

A Figura 55 ilustra o processo de recebimento de pedidos Agente TRANSPORTADORA e a Figura 56 apresenta o processo de expedição do Agente TRANSPORTADORA.

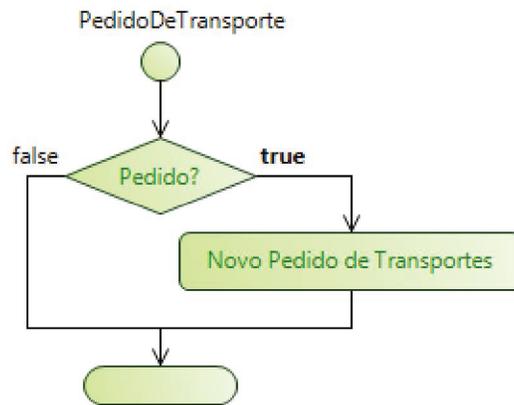


Figura 55 - Processo de recebimento de pedidos Agente TRANSPOTARORA

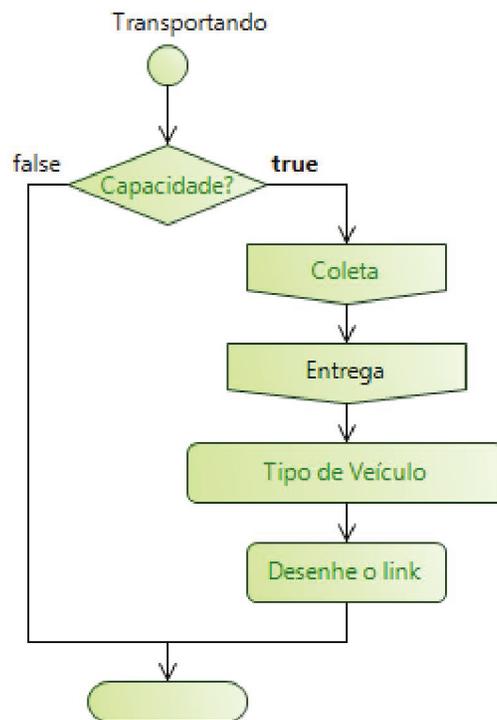


Figura 56 - Processo de expedição de pedidos Agente TRANSPORTADORA

5.3. AMBIENTE

O ambiente representa o espaço onde os Agentes se relacionam, trocam mensagens e executam seus processos. É também no ambiente que são definidas características gerais do modelo. A Figura 57 ilustra os Agentes no espaço através de ícones que os representam no modelo.

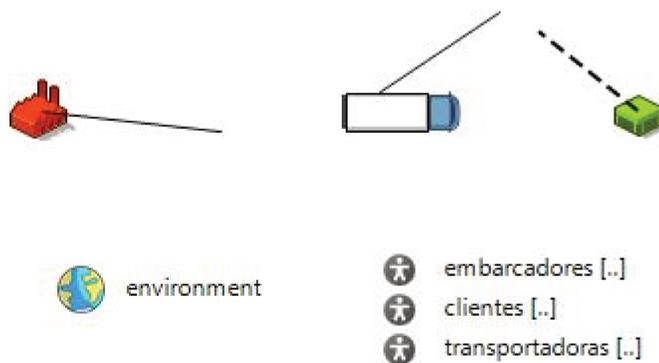


Figura 57 – Componentes do ambiente principal do Modelo

A documentação completa do modelo, explicitando as funções utilizadas, os valores dos parâmetros e variáveis, bem como suas relações está disponível no Apêndice deste documento. Lá também são apresentadas as diferentes versões desenvolvidas do modelo para contemplar os estágios de desenvolvimento e a execução dos cenários propostos.

5.4. DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS

Para esta aplicação serão avaliados dois cenários com diferentes estratégias de relacionamentos entre os Agentes. O primeiro cenário, denominado competitivo, explicita a atual situação de operação da empresa. O segundo cenário que será avaliado é denominado colaborativo, neste cenário o Agente EMBARCADOR e os Agentes TRANSPORTADORAS trabalham aliados no intuito de reduzir os custos e aumentar a lucratividade.

Estes cenários serão comparados à situação real do sistema com o intuito de avaliar o modelo de simulação proposto e verificar o desempenho das estratégias propostas.

5.4.1. Competitivo

Neste cenário as relações entre os Agentes podem ser classificadas como transacionais, dado que não compartilham ganhos, informações ou realizam atividades de planejamento em conjunto. O critério de escolha de fornecedores é baseado apenas em preço.

O processo pode ser descrito como, para cada pedido recebido do Agente CLIENTE, o Agente EMBARCADOR verifica sua disponibilidade do produto, e coloca um pedido de transporte para o Agente TRANSPORTADORA que oferece o menor preço. Por sua vez, o Agente TRANSPORTADORA selecionado inicia o processo de transporte executando a coleta nas

dependências do Agente EMBARCADOR, caso a carga seja parcial, o Agente TRANSPORTADORA realiza uma consolidação não planejada, integrando a carga solicitada pelo Agente CLIENTE com a de outros clientes seus, o que pode ocasionar em diversos processos de transferência e consolidação.

5.4.2. Colaborativo

Neste cenário as relações entre os agentes representam um esforço colaborativo. Os agentes buscam compartilhar ganhos, planejamento e informações. Para implementar um estratégia colaborativa de transporte, será adotada uma política de planejamento de consolidação de cargas. Diferente do que ocorre no cenário competitivo, onde a consolidação ocorre de forma reativa e por iniciativa individual por parte dos Agentes TRANSPORTADORAS como meio de reduzir suas perdas e manter a competitividade, neste cenário o processo será conduzido por um acordo dos três agentes envolvidos.

O processo pode ser descrito da seguinte forma, Agente EMBARCADOR, Agentes TRANSPORTADORAS e Agentes CLIENTES de uma dada região negociam um processo planejado de consolidação de cargas, que atende as restrições de estoque e tempo de pedido. Por exemplo, como os volumes embarcados são parciais e tem como destino clientes em uma mesma microrregião, pode-se considerar reter as cargas em até quatro horas, respeitando as condições descritas acima e consolidando os embarques compatíveis até a formação da lotação de um veículo de maior porte, por exemplo, uma carreta.

O resultado esperado com este modelo de operação é a redução no número diário de embarques, um maior aproveitamento dos veículos de transporte e redução do número de viagens, o que conseqüentemente irá implicar em menor custo operacional e maximização do lucro.

5.5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

A aplicação do modelo de simulação à situação proposta encontra-se descrita no Apêndice. Neste item serão apresentados e discutidos os resultados obtidos para cada um dos cenários propostos frente a situação real. Os resultados serão apresentados com o auxílio de gráficos e tabelas que apresentam o comportamento das variáveis do modelo para o período de simulação.

Trabalhos científicos realizados em sistemas análogos com emprego de outras abordagens ao problema serão utilizados para discutir e avaliar os resultados encontrados do modelo conforme apresentado no capítulo 3.

5.5.1. Situação Real

Conforme descrito na seção 5.1, no sistema real os relacionamentos entre as empresas seguem uma estratégia competitiva, onde o critério escolha do fornecedor é definido pelo variável preço. Os gráficos 1 e 2 apresentados na seção 5.1 demonstram a distribuição de frequências de pedidos e *transit time* de pedidos para o período analisado. Conforme análise dos gráficos 1 e 2 podemos identificar com valores de pedido mais frequentes entre 4 e 6 toneladas e *transit time* 1,3 dias. O Gráfico 3 apresenta o número de embarques diários realizados pelo Agente EMBARCADOR e o peso total expedido diário para o mesmo período. Na situação real cada embarque é realizado por um veículo, caso a carga seja parcial, o processo de consolidação não planejada ocorre por conta do Agente TRANSPORTADORA em suas dependências e limitado a sua oferta de carga de outros clientes para o mesmo local de entrega e prazo.

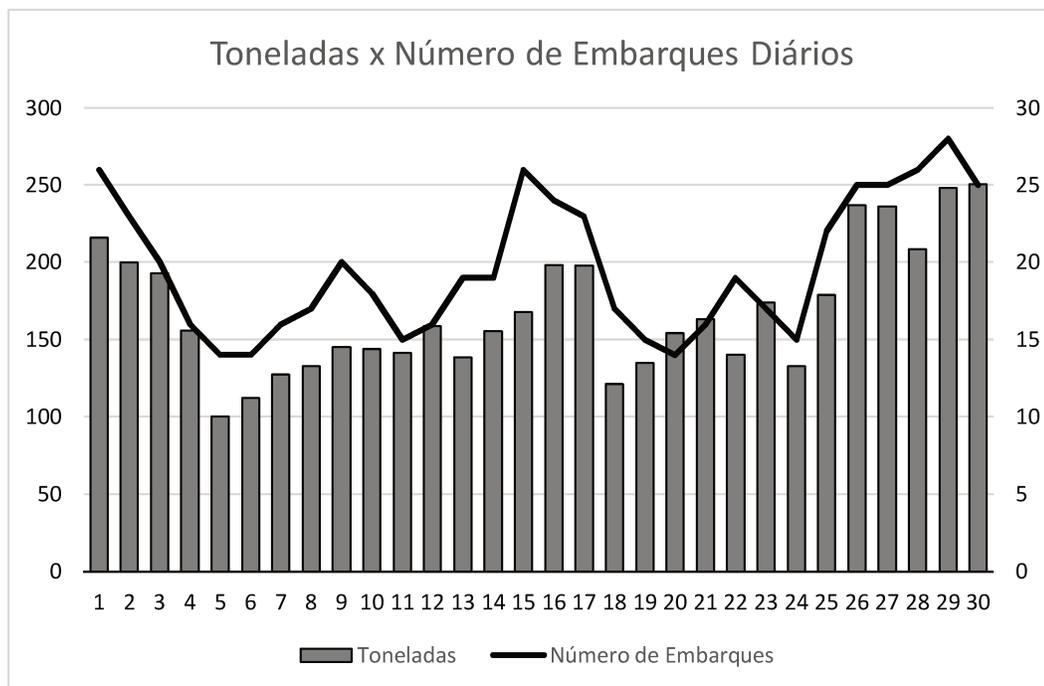


Gráfico 3 – Toneladas x número de embarques diários situação real

No Gráfico 4 são apresentados os percentuais de veículos do tipo grande, médio e pequeno utilizados no sistema real no período considerado para análise.

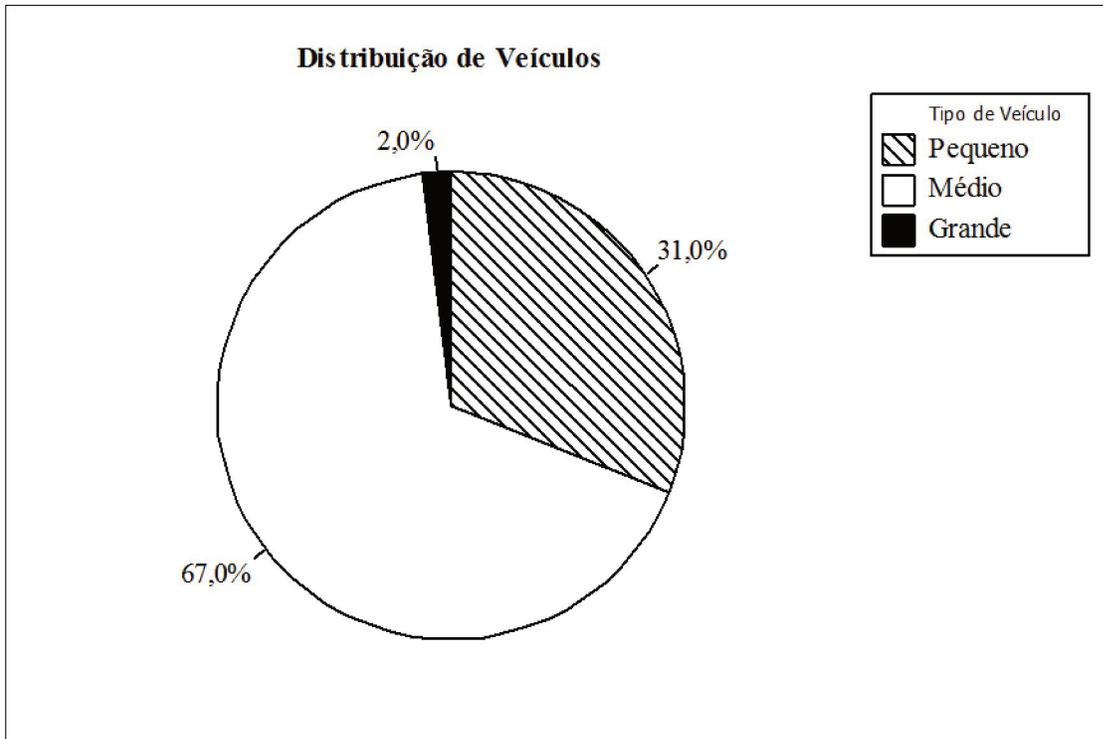


Gráfico 4 – Distribuição de Veículos por tipo – sistema real

Considerando os valores apresentados nos gráficos 3 e 4 e as capacidades de carga dos veículos discutidas no item 5.1 percebe-se que existe baixa ocupação dos veículos utilizados para transporte.

Para o período de análise de 4 anos foram realizados 30.680 embarques, verifica-se o valor médio embarque igual a 8,6 toneladas com desvio padrão de 1,098 toneladas. O faturamento no período foi da ordem de R\$ 2,95 bilhões. O custo de transportes representou no período R\$ 0,08 bilhão e os custos de produção e armazenagem foram equivalentes a R\$ 1,82 bilhões, sendo o lucro no período equivalente a R\$ 1,05 bilhão.

5.5.2. Cenário Competitivo

Na sequência são apresentados através de gráficos os resultados da simulação do cenário competitivo. O *lead time* médio do período analisado foi de 1,9 dias com desvio padrão de 0,5 dias.

No Gráfico 5 é possível notar o número de expedições diárias realizadas pelo Agente EMBARCADOR para o período de um mês. O gráfico também apresenta o volume expedido no período. A análise do gráfico permite identificar dias com grande número de embarques e pequenas cargas expedidas.

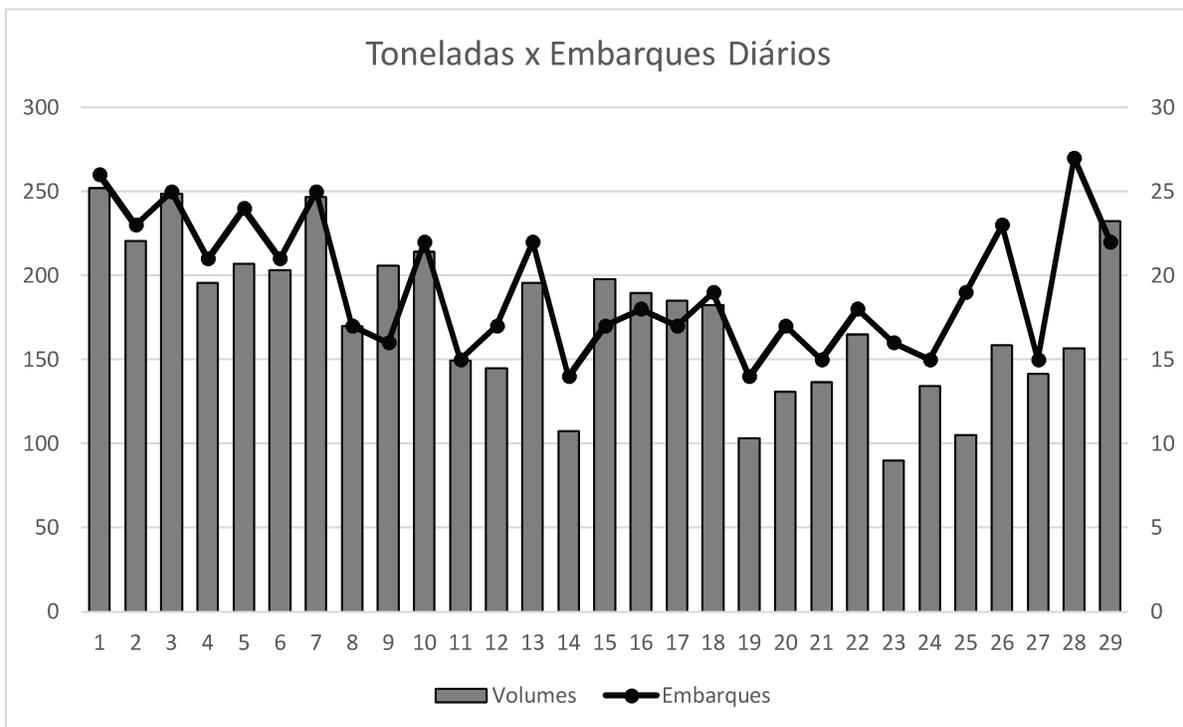


Gráfico 5 – Embarques e volumes diários cenário competitivo

Considerando um período de análise de 1.460 dias (4 anos) encontra-se que o tamanho médio dos pedidos é igual a 9,60 toneladas com desvio padrão 4,2 toneladas. O Gráfico 6 apresenta o histograma de distribuição dos pedidos para o período simulado.

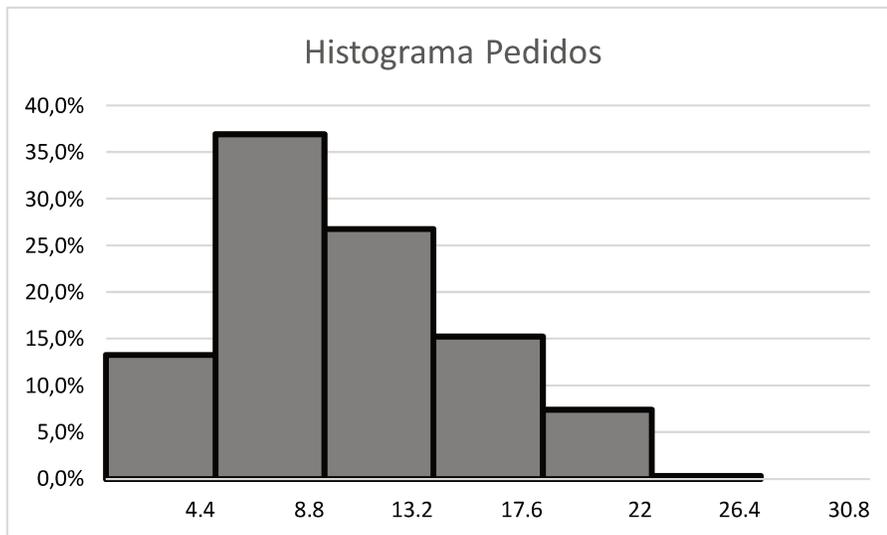


Gráfico 6 – Histograma da distribuição de pedidos cenário competitivo

No Gráfico 7 são apresentados os percentuais de veículos de grande, de médio e de pequeno porte utilizados no período considerado para análise. Foram realizados 30.458 embarques.

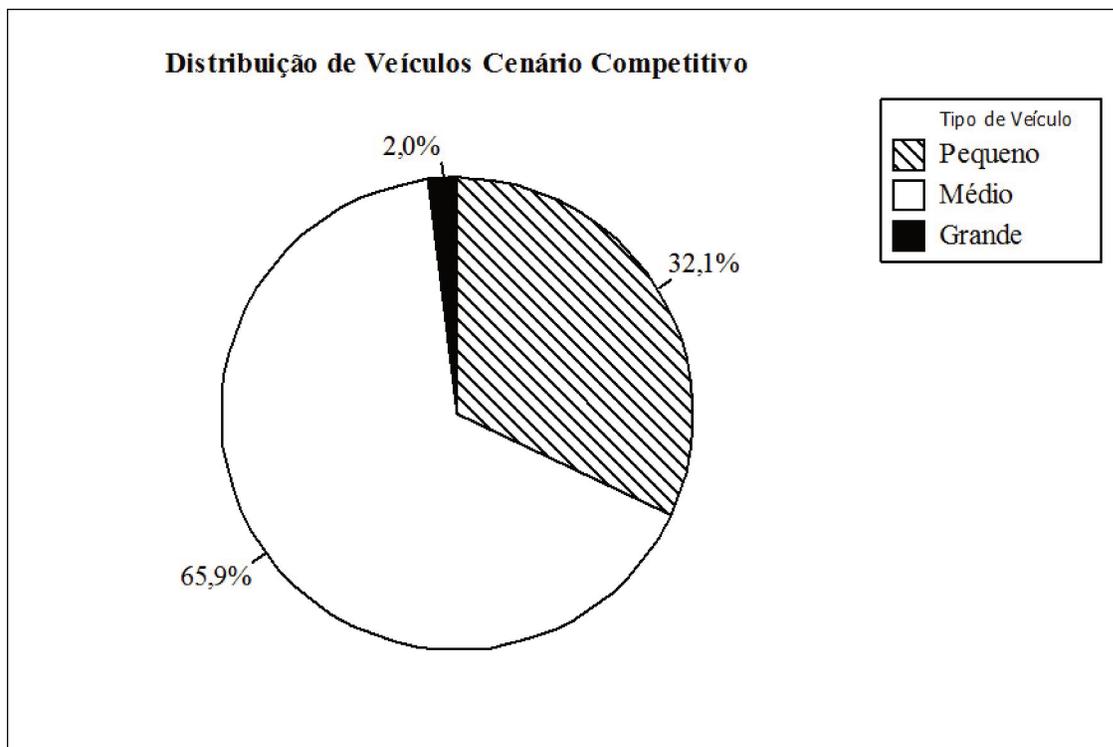


Gráfico 7 – Distribuição de Veículos por tamanho

Os valores apontados no Gráfico 7 representam uma oportunidade de otimização no perfil de distribuição do Agente EMBARCADOR. Atualmente, utiliza-se apenas 31% de veículos de grande porte e 67% de veículos de médio porte.

O faturamento no período de 4 anos é igual a R\$ 2,94 bilhões. O custo de transporte representa R\$ 0,07 bilhão e os custos de produção e armazenagem são equivalentes a R\$ 1,76 bilhões. Dessa forma, o lucro apurado no período é de R\$ 1,11 bilhão.

Os resultados encontrados no cenário competitivo são próximos aos verificados no cenário real. Pode-se concluir portanto que o modelo de simulação proposto possui aderência ao sistema real, as variações de valores encontradas estão dentro da faixa de desvio esperada.

5.5.3. Cenário Colaborativo

Neste cenário é realizada uma consolidação planejada dos pedidos de tamanho inferior a quinze toneladas. Os pedidos, após classificação, são retidos por um período de quatro horas com intuito de formar embarques de maior volume e assim melhorar o nível de ocupação dos veículos, espera-se também passar a utilizar veículos de maior capacidade em função da adoção desta política.

Uma das primeiras variáveis a ter seu valor médio modificado em função da política de consolidação é o *lead time*, o valor médio encontrado para este cenário é de 2,33 dias e desvio padrão de 1,04 dias.

Considerando-se um período de análise de 1460 dias (4 anos) verifica-se que o tamanho médio dos pedidos diretos é de 17,6 toneladas com desvio padrão de 2,49 toneladas. O Gráfico 8 apresenta o histograma dos pedidos diretos.

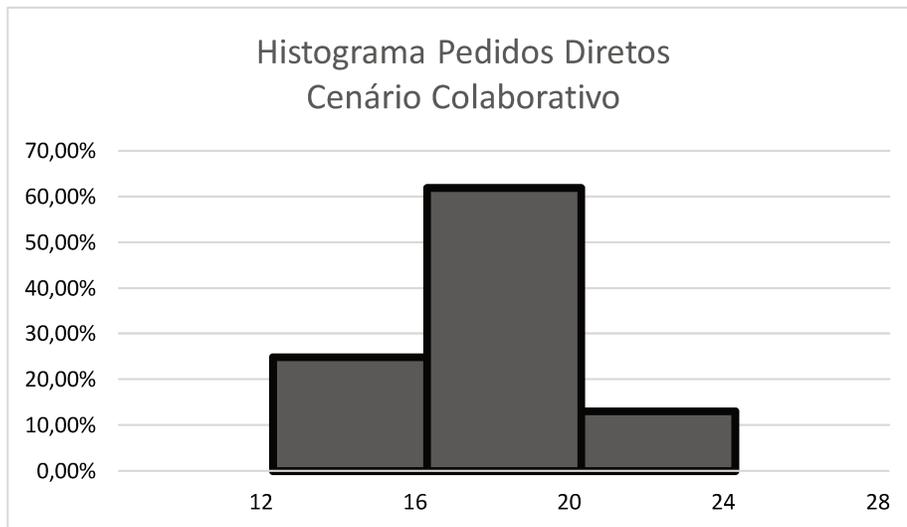


Gráfico 8 - Histograma da distribuição de pedidos diretos - cenário colaborativo

No Gráfico 9 é possível notar a distribuição dos pedidos consolidados para o período. O tamanho médio dos pedidos consolidados foi de 17,1 toneladas com desvio padrão de 1,99 toneladas.

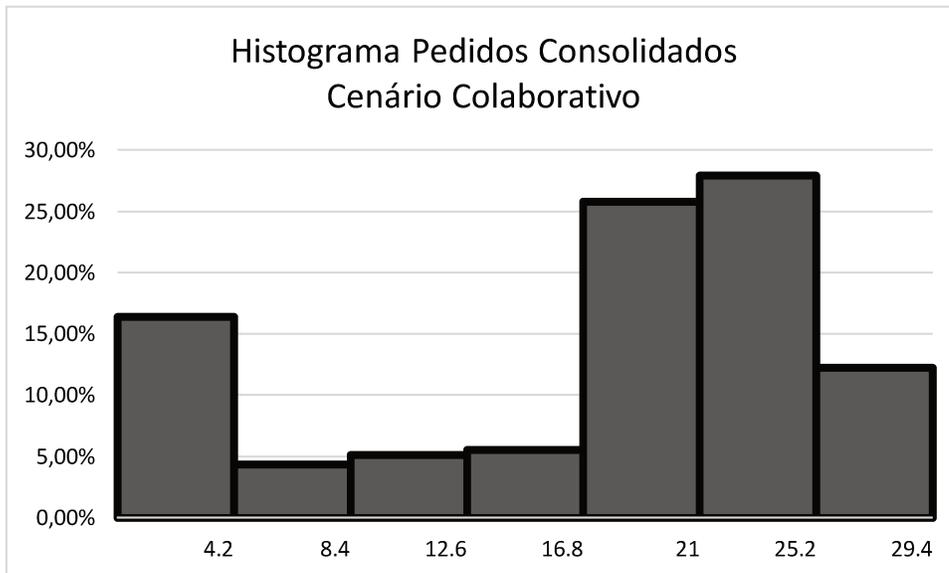


Gráfico 9 - Histograma da distribuição de pedidos consolidados- cenário colaborativo

Estes resultados indicam um aumento do tamanho médio dos embarques em relação aos valores apontados no cenário competitivo. O impacto da política de consolidação pode ser exemplificado quando se observa o número total de embarques no período, o valor apurado foi de 4.443

embarques diretos e 8.753 embarques consolidados totalizando 13.196 embarques. No Gráfico 10 são apresentados a quantidade média de veículos de grande, médio e pequeno porte utilizados no período simulado.

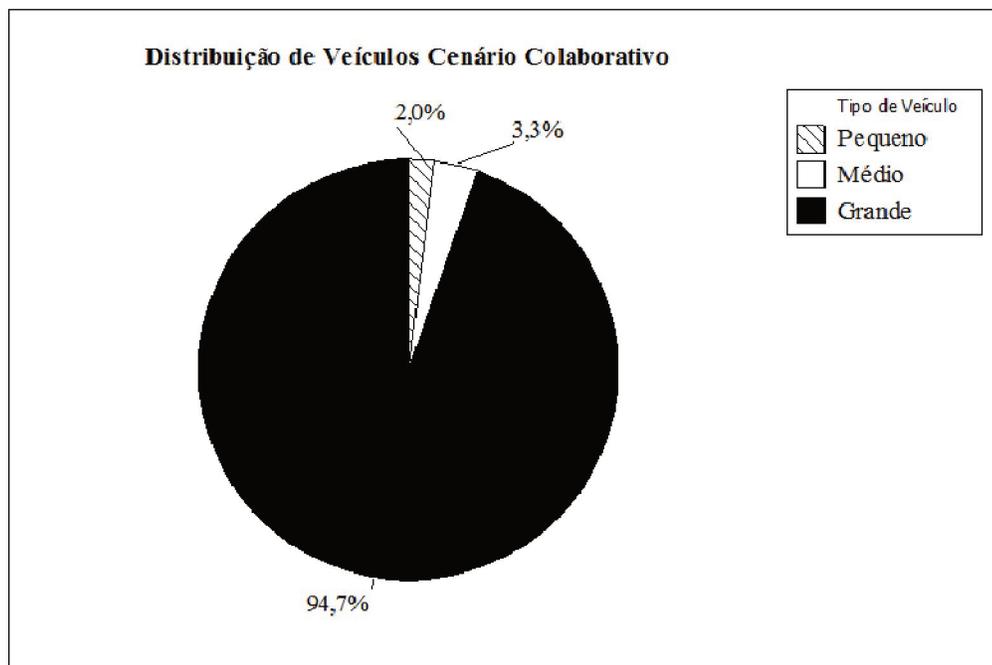


Gráfico 10 - Distribuição de Veículos por tamanho - cenário colaborativo

Os valores apontados no Gráfico 10 demonstram que aproximadamente 95% dos embarques são realizados por veículos grandes. Os resultados também demonstram que a ocupação média dos veículos aumentou, uma vez que, o número total de embarques diminuiu em relação ao cenário competitivo.

Finalmente os custos de transporte apurados para o período são da ordem de R\$ 0,03 bilhão. O faturamento é igual R\$ 2,67 bilhões. Os custos de produção e armazenagem totalizam R\$ 1, 6 bilhões. E o lucro no período é equivalente a R\$ 1,03 bilhão.

5.6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O objetivo do modelo é avaliar qual das duas estratégias de relacionamentos conduz a cadeia de suprimentos a um melhor desempenho. Os resultados encontrados apontam que para a situação em análise a estratégia de relacionamentos colaborativa conduz a um melhor desempenho geral.

Analisando os resultados dos dois cenários propostos frente à situação real podemos concluir que o número total de embarques foi reduzido em 43%, quando empregada à estratégia colaborativa, durante o período analisado. A ocupação média dos veículos também aumentou, na verdade a distribuição de veículos pequenos, médios e grandes foi alterada em função da política colaborativa de consolidação planejada. No cenário competitivo apenas 30% dos embarques eram feitos em veículos grandes, com a política de consolidação planejada 95% dos embarques passaram a ser realizados com este tipo de veículo.

O resultado da maior ocupação e adoção de veículos de maior capacidade é refletido no custo de transportes. No cenário competitivo, para o período de 4 anos, o custo de transporte foi equivalente a mais de R\$ 65,22 milhões, já no cenário colaborativo o valor apurado equivale a R\$ 33,67 milhões uma redução de 51,62%.

Um efeito negativo observado da política de consolidação é o aumento do *lead time*. No cenário competitivo o valor médio encontrado foi de 1,9 dias, já para o cenário colaborativo o *lead time* médio foi de 2,23 dias um incremento de 17,37%.

O resultado é congruente a outras abordagens do problema encontradas na literatura, fato que reforça a utilidade do modelo de simulação proposto. A situação simulada é um problema típico do transporte de cargas brasileiro, e encontram-se tanto na literatura como na prática exemplos de problemas análogos em empresas de diversos setores (Botter, Tacla e Hino, 2006; Tacla *et al.*, 2008).

Novaes (1999) já chamava atenção para influência das variáveis tempo e ocupação do veículo para o custo de transportes, considerando os elementos, distância percorrida, volume transportado e tempo de parada (carga e descarga), o autor demonstra a variação do custo de transporte a partir da metodologia de custeio ABC, para uma mesma região considerando o emprego de veículo padrão com diferentes ocupações, distâncias percorridas e tempos operacionais.

Botter, Tacla e Hino (2006) apontam as vantagens da prática do transporte colaborativo para redução de custos operacionais em operações de transporte de grandes volumes, entre as estratégias adotadas está política de consolidação planejada de cargas. Tacla *et al.* (2008)

demonstram a viabilidade das estratégias de transporte colaborativo para redes de distribuição em áreas urbanas, a política de consolidação planejada de cargas é mais uma vez aplicada a um caso real, os resultados descrevem reduções na frota de veículos utilizados superiores a 50%.

Apesar de amplamente estudado e discutido o problema abordado nesta aplicação continua relevante, uma vez, que ele é ainda frequente em diversos segmentos e regiões do país conforme apontam os trabalhos de Tacla *et al.* (2008) e Tedesco *et al.* (2011).

5.7. AVALIAÇÃO DO MODELO

O processo de verificação do modelo foi conduzido conforme o método proposto contemplando construção e teste dos agentes individuais, construção e teste dos modelos diádicos, e finalmente construção e teste do modelo completo com todos os agentes. Ressalta-se que o emprego do software *Anylogic* facilitou o processo de verificação do modelo em função das ferramentas de controle de erros e depuração embutidas na solução.

O modelo desenvolvido abordou um problema típico de transportes brasileiro, onde a eficiência da operação de transportes e o desempenho da cadeia de suprimentos são comprometidos pelo emprego de estratégias competitivas ou comportamentos egoístas dos agentes participantes.

Os resultados encontrados tanto no cenário competitivo quanto no cenário colaborativo demonstram que o modelo proposto possui aderência ao sistema real estudado. No cenário competitivo os valores encontrados demonstram comportamento análogo ao sistema real, com resultados próximos aos apurados através do levantamento de dados. O comportamento verificado no cenário colaborativo aproxima-se do comportamento descrito na literatura em sistemas análogos que adotaram a solução de transporte colaborativo.

Por se tratar de um problema típico encontra-se na literatura exemplos de soluções adotadas para reduzir custos e aumentar a eficiência dos processos de transporte, uma das estratégias indicadas na literatura é o planejamento de colaborativo das consolidações, ver (Botter, Tacla e Hino, 2006; Tacla *et al.*, 2008).

Os resultados encontrados tanto na literatura como na prática são condizentes com os resultados apontados pelo modelo de simulação proposto, e portanto fornecem bons indícios que o modelo possui aplicabilidade para sistemas análogos. Ressalta-se validação do modelo é um processo contínuo, devendo-se ter cuidado ao afirmar que a mesma foi alcançada, conforme afirmam

North e Macal (2007) e (Šalamon (2011)) a validade ou confiança no modelo aumentam a medida que sua aplicabilidade é demonstrada para um conjunto cada vez maior de casos.

6. CONCLUSÕES

Este capítulo tem como objetivo sumarizar as ideias principais discutidas e apresentar as conclusões da pesquisa. O objetivo desta pesquisa foi desenvolver um modelo conceitual e computacional que permitisse avaliar o desempenho das redes logísticas em função dos diferentes tipos de arranjos relacionais que podem ser estabelecidos entre empresas, e conseqüentemente, com os resultados destes modelos ajudar as organizações a definirem estratégias e políticas de relacionamentos mais eficientes. Para formular os modelos foram considerados tanto elementos responsáveis pela caracterização dos relacionamentos quanto variáveis que explicam o desempenho da cadeia de suprimentos.

O desenvolvimento do modelo teórico foi baseado em ampla revisão da literatura, onde foram identificadas teorias de diversas áreas da ciência que abordam o tema, modelos de classificação dos relacionamentos e fatores de influência no desempenho dos relacionamentos. Com base nestes elementos teóricos foi proposto um modelo teórico que relaciona o ambiente externo com a estratégia da organização no que tange a governança e a natureza dos relacionamentos com o desempenho percebido da empresa e da cadeia de suprimentos.

As variáveis de desempenho encontradas no modelo teórico constituíram base para desenvolvimento do modelo de simulação proposto. Em função das características emergentes do estabelecimento das relações entre empresas optou-se por desenvolver o modelo de simulação utilizando-se o método de simulação baseada em agentes.

O modelo de simulação proposto foi aplicado a uma situação prática em transportes para avaliar o desempenho de cadeia de suprimentos. Os resultados encontrados permitem concluir que o desempenho da cadeia de suprimentos estudada é influenciado pelas escolhas estratégicas adotadas pelos agentes individuais que a constituem e que determinam a dinâmica dos relacionamentos desenvolvidos na cadeia de suprimentos. Alterações nas estratégias adotadas pelos agentes tem potencial para influenciar o desempenho global da cadeia de suprimentos. Neste estudo foram testadas estratégias de relacionamento competitivas e colaborativas, e os resultados apurados nos cenários propostos indicam que para a cadeia de suprimentos em estudo, uma estratégia de relacionamentos colaborativa conduz a um melhor desempenho.

6.1. RESPOSTA A QUESTÃO PROPOSTA

A questão de pesquisa inicialmente formulada foi: *Como os diferentes arranjos relacionais*

impactam o desempenho das cadeias de suprimentos?

A revisão de literatura e o modelo de simulação desenvolvido permitem entender como os diferentes arranjos relacionais impactam no desempenho das cadeias de suprimentos, destacando-se as seguintes questões específicas:

<i>Questões Específicas</i>	<i>Resultados Encontrados</i>
<i>Quais são os tipos de arranjos relacionais que podem ser estabelecidos em uma cadeia de suprimentos e suas principais características?</i>	Os relacionamentos estabelecidos na cadeia de suprimentos podem variar de transacionais a relacionais. Duas abordagens se destacam quanto a forma de avaliar os relacionamentos pode-se estudá-los de forma diádica ou seja considerando os aspectos envolvidos nas relações aos pares. E através da estrutura da rede constituída.
<i>As políticas e estratégias adotadas pelas empresas influenciam a dinâmica destes relacionamentos e impactam no desempenho da cadeia de suprimentos?</i>	As estratégias adotadas pelas empresas possuem influência sobre o desempenho da cadeia de suprimentos. Foram identificadas três estratégias gerais: competitiva, cooperativa e colaborativa. As políticas adotadas conduzem as estas estratégias de governança.
<i>Quais são as variáveis que explicam o desempenho de uma cadeia de suprimentos?</i>	Além das estratégias identificadas existem três forças básicas que permeiam os relacionamentos: poder, dinheiro e economia. Estes elementos podem ser traduzidos em alguns constructos como: contratos e acordos, benefícios e riscos, comunicação e informação. Por sua vez, estes constructos podem ser operacionalizados em variáveis: como preço, duração do relacionamento, nível de serviço, estoque, velocidade de troca de

Quadro 36 – Respostas as questões específicas propostas

6.2. LIMITAÇÕES

Considerando o objetivo e escopo desta pesquisa, estão estabelecidas as seguintes limitações.

6.2.1. MODELO TEÓRICO

O tema gestão de relacionamentos entre empresas é abrangente, nos últimos anos diversas pesquisas foram produzidas utilizando diferentes abordagens teóricas e metodológicas. Para este trabalho foi realizada uma extensa revisão bibliográfica, que identificou as principais linhas de pesquisa sobre o tema, porém apesar de ampla, esta revisão não teve a pretensão de exaurir todos os trabalhos desenvolvidos sobre o tema. Porém, as diretrizes estabelecidas para o desenvolvimento do modelo conceitual proposto, permitem que o mesmo seja revisto e ampliado em função da evolução das pesquisas acadêmicas ou do processo natural de evolução dos arranjos relacionais entre empresas.

6.2.2. MODELO DE SIMULAÇÃO

Os modelos computacionais desenvolvidos representam outra limitação do trabalho, sua validade é restrita aos problemas descritos e abordados nesta pesquisa, e, portanto, não devem ser utilizados para rerepresentar sistemas correlatos sem que sejam realizadas as adaptações necessárias. De forma análoga, não se recomenda a extrapolação indiscriminada dos resultados obtidos através da simulação computacional, uma vez que sua validade está restrita e condicionada aos parâmetros e variáveis adotados no desenvolvimento deste trabalho.

Porém, ressalta-se que os modelos desenvolvidos podem ser utilizados e adaptados em pesquisas futuras para o estudo de outros sistemas logísticos, ou mesmo, para efeito de análises comparativas em trabalhos que abordem os mesmos problemas, mas que adotem outros métodos de pesquisa.

Aplicação prática demonstrada neste trabalho abordou um problema de transportes frequente em diversas empresas brasileiras os resultados encontrados são condizentes com estudos realizados através de diferentes técnicas, entre elas modelos de programação matemática. Porém, a validade do modelo restringe-se a sistemas análogos ao estudado neste trabalho.

6.3. RECOMENDAÇÕES

As recomendações para continuidade deste estudo serão apresentadas em dois segmentos: modelo teórico e modelo de simulação.

6.3.1. MODELO TEORICO

O modelo teórico proposto examinou a influência de um conjunto de variáveis no desempenho da cadeia de suprimentos. As variáveis identificadas foram resultado da análise de diversos estudos teóricos e exploratórios realizados por diversos pesquisadores. Com o avanço destes estudos algumas das considerações adotadas para o desenvolvimento deste trabalho podem ser alteradas. Assim, repetir o levantamento realizado e atualiza-lo com novos estudos e evidências, confrontando seus resultados representa uma oportunidade para aumentar a validade das relações propostas no modelo teórico.

Outra oportunidade de pesquisa identificada é explorar o impacto da complexidade do ambiente sobre a dinâmica dos relacionamentos entre empresas e o desempenho da cadeia de suprimentos. Neste trabalho a complexidade do ambiente foi tratada como uma variável exógena. Porém, existe uma oportunidade de agregar está análise ao modelo proposto, uma das teorias mais utilizadas para este fim é a de gestão de riscos.

6.3.2. MODELO DE SIMULAÇÃO

As oportunidades de continuidade do estudo no que tangem o modelo computacional são diversas.

Repetir o estudo em cadeias de suprimentos de segmentos diversos onde existem disponibilidade de dados e acesso as informações representa uma oportunidade de ampliar a validação do modelo de simulação proposto.

Estudar cadeias de suprimentos que possuam arranjos relacionais diferentes das configurações propostas neste trabalho.

Ampliar o conjunto de políticas estratégias modeladas contribuem para ampliação da validação do modelo.

Incluir no modelo proposto a análise de risco e seu impacto sobre o desempenho da cadeia de suprimentos e da dinâmica dos relacionamentos entre empresas.

Ampliar a aplicação do modelo para situações práticas similares a abordada neste trabalho, mas para cadeias de suprimentos de segmentos diversos, permitirá que se verifique e amplie a validade do modelo.

7. REFERÊNCIAS

AMANTO NETO, J. **Gestão de sistemas locais de produção e inovação (clusters/APLs): um modelo de referência**. São Paulo: Atlas, 2009.

ANDERSON, J. C.; NARUS, J. A. A Model of Distributor Firm and Manufacturer Firm Working Partnerships. **The Journal of Marketing**, v. 54, n. 1, p. 42-58, 1990. ISSN 00222429. Disponível em: < <http://www.jstor.org/stable/1252172> >.

ANUPINDI, R.; BASSOK, Y. Supply contracts with quantity commitments and stochastic demand. In: (Ed.). **Quantitative models for supply chain management**: Springer, 1999. p.197-232. ISBN 1461372461.

ANYLOGIC. **AnyLogic 6.9 Multi-method simulation software**. Petersburg, Russian Federation: Anylogic Company 2013.

AXELROD, R. **The evolution of cooperation**. Cambridge: Basic Books, 1984.

_____. **The complexity of cooperation: agent-based models of competition and collaboration**. Princeton: Princeton University Press, 1997.

_____. Agent-based Modeling as a Bridge Between Disciplines. In: TEFATSION, L. e JUDD, K. L. (Ed.). **Handbook of Computational Economics: Agent-Based Computational Economics**. New York: North-Holland, v. 2, 2006. cap. 33, p.1565-1584. ISBN 1574-0021.

AXELROD, R.; TEFATSION, L. Guide for Newcomers to Agent-Based Modeling in the Social Sciences,”. In: TEFATSION, L. e JUDD, K. L. (Ed.). **Handbook of Computational Economics: Agent-Based Computational Economics**. New York: North-Holland, v.2, 2006. p.1647-1659.

BALESTRIN, A.; VERSCHOORE, J. **Redes de cooperação empresarial: estatégias de gestão na nova economia**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BALLOU, R. H. The evolution and future of logistics and supply chain management. **Produção**, v. 16, n. 3, p. 375-386, 2006a.

_____. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/ logística empresarial**. 5ª. Porto Alegre: Bookman, 2006b.

BANA E COSTA, C. A.; FERREIRA, J. A. A.; CORRÊA, E. C. Metodologia multicritério de apoio à avaliação de propostas em concursos públicos. In: ANTUNES, C. H. e TAVARES, L. V. (Ed.). **Casos de aplicação da investigação operacional**. Lisboa: McGraw-Hill, 2000. p.336-363.

BANDINI, S.; MANZONI, S.; VIZZARI, G. Agent Based Modeling and Simulation: An Informatics Perspective. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 12, n. 4, p. 4, 2009. Disponível em: < <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/4/4.html> >.

BANKS, J.; CARSON II, J. S.; NELSON, B. L.; NICOL, D. M. **Discrete-event system simulation** 4th. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2004.

BARNEY, J. Firm resources and sustained competitive advantage. **Journal of Management**, v. 17, n. 1, p. 99-120, 1991.

BARRATT, M. Understanding the meaning of collaboration in the supply chain. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 9, n. 1, p. 30-42, 2004. Disponível em: < <http://www.emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet?Filename=Published/EmeraldFullTextArticle/Articles/1770090104.html> >.

BENTON, W. C.; MALONI, M. The influence of power driven buyer/seller relationships on supply chain satisfaction. **Journal of Operations Management**, v. 23, n. 1, p. 1-22, 2005.

BLAU, P. M. **Exchange and Power in Social Life**. Wiley, 1964. ISBN 9781412823159. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?id=qhOMLscX-ZYC> >.

BONABEAU, E. Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems. **Proc Natl Acad Sci U S A**, v. 99 Suppl 3, p. 7280-7, May 14 2002. ISSN 0027-8424 (Print)

0027-8424 (Linking). Disponível em: < http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=12011407 >.

BORSHCHEV, A. **The big book of simulation modeling: multimethod modeling with Anylogic 6**. AnyLogic North America, 2013.

BORSHCHEV, A.; FILIPPOV, A. **From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools**. The 22nd International Conference of the System Dynamics Society. Oxford 2004.

BOTTER, R. C.; TACLA, D.; HINO, C. M. Estudo e aplicação de transporte colaborativo para cargas de grande volume. **Pesquisa Operacional**, v. 26, n. 1, p. 25-49, 2006. ISSN 0101-7438.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B. **Gestão logística de cadeias de suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BRAILSFORD, S. C.; HILTON, N. A. A comparison of discrete event simulation and system dynamics for modelling health care systems. In: RILEY, J. (Ed.). **Planning for the Future: Health Service Quality and Emergency Accessibility**: Glasgow Caledonian University, 2001.

CASTELFRANCHI, C.; CONTE, R.; PAOLUCCI, M. Normative reputation and the costs of compliance. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 1, n. 3, 1998.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Supply chain management: strategy, planning, and operation**. Prentice Hall, 2009. ISBN 9780136080404. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?id=IZckAQAAMAAJ> >.

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: criando redes que agregam valor**. 2ª. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

CIBULSKA, P.; TEDESCO, G. M. I.; VILLELA, T.; GRANEMANN, S. R. Avaliação das mudanças no registro dos transportadores rodoviários remunerados de carga no Brasil. **Revista Transportes**. Rio de Janeiro, 2010.

COASE, R. H. The Nature of the Firm. **Economica**, v. 4, n. 16, p. 386-405, 1937. ISSN 1468-0335. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-0335.1937.tb00002.x> >.

COOPER, M. C.; ELLRAM, L. M.; GARDNER, J. T.; HANKS, A. M. Meshing multiple alliances. **Journal of Business Logistics** v. 18, n. 1, p. 67-89, 1997.

CORRÊA, H. L. **Gestão de redes de suprimento: integrando cadeias de suprimento no mundo globalizado**. Ed. Atlas, 2010. ISBN 9788522458509. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?id=DU9zRAAACAAJ> >.

COUGHLAN, A. T.; ANDERSON, E.; STERN, L. W.; EL-ANSARY, A. I. **Canais de marketing e distribuição** 6ª. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CROOK, T. R.; COMBS, J. G. Sources and consequences of bargaining power in supply chains. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 2, p. 546-555, 2007. ISSN 0272-6963.

DYER, J.; CHO, D.; CHU, W. Strategic supplier segmentation: the next "best practice" in supply chain management. **California Management Review** v. 40, n. 2, p. 55-77, 1998.

EMMETT, S.; CROCKER, B. **The relationship-driven supply chain: creating a culture of collaboration throughout the chain.** Hampshire: Gower Publishing Company, 2006.

ENSSLIN, L.; NETO, G. M.; NORONHA, S. M. D. **Apoio à decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas.** Florianópolis: Insular, 2001.

FERREIRA, L. **Um modelo de simulação baseado em agentes para análise de cadeias de suprimentos.** 2009. 180 f Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Escola de Administração, Porto Alegre.

FIANI, R. **Teoria Dos Jogos.** 2ª edição. CAMPUS, 2006.

FLYNN, B. B.; ZHAO, X.; HUO, B.; YEUNG, J. H. We've got the power! How customer power affects supply chain relationships. **Business Horizons** v. 51, n. 1, p. 169-174, 2008.

FONER, L. N. **What's An Agent, Anyway? A Sociological Case Study.** 1993

FORRESTER, J. W. **Industrial dynamics.** [Cambridge, Mass.]: M.I.T. Press, 1961. 464 p.

FOWLER, M. **UML essencial: um breve guia para a linguagem padrão de modelagem de objetos.** 3ª. Porto Alegre: Bookman, 2005. Disponível em: <
http://books.google.com.br/books?id=1rWK_0ginbcC&pg=PR11&dq=UML+livro&cd=2#v=onepage&q=UML%20livro&f=false>.

FRANKLIN, S.; GRAESSER, A. Is It an agent, or just a program?: A taxonomy for autonomous agents. In: (Ed.), 1997. p.21-35.

FRENCH, R. P.; RAVEN, B. H. The basis of social power. In: CARTWRIGHT, D. (Ed.). **Studies in social power** Ann Arbor: University of Michigan Press, 1959. p.155-164.

FYNES, B.; VOSS, C.; BURCA, S. D. The impact of supply chain relationship dynamics on manufacturing performance. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 25, n. 1, p. 6-19, 2005.

GILBERT, N. **Agent-based models.** Los Angeles: Sage Publications, 2008.

GILBERT, N.; TROITZSCH, K. **Simulation For The Social Scientist**. McGraw-Hill Education, 2005. ISBN 9780335216000. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?id=fBlaulpmNowC> >.

GOLICIC, S. L.; MENTZER, J. T. Exploring the drivers of interorganizational relationship magnitude. **Journal of Business Logistics** v. 26, n. 2, 2005.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; GONZÁLEZ, M. C. A.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão**. Thomson, 2004.

GUEDES, G. T. A. **UML 2: uma abordagem prática**. São Paulo: Novatec, 2009.

HANDFIELD, R. B.; BECHTEL, C. The role of trust and relationship structure in improving supply chain responsiveness. **Industrial Marketing Management** v. 31, n. 1, p. 267-382, 2002.

HARREL, C. R.; MOTT, J. R. A.; BATEMAN, R. E.; BOWDEN, R. G.; GOGG, T. J. **Simulação: Otimizando Sistemas**. São Paulo: IMAM, 2002.

HARRELL, C.; GHOSH, B. K.; BOWDEN JR, R. O. **Simulation Using Promodel**. New York: McGraw Hill, 2004.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 8ª edição. Porto Alegre: AMGH, 2010.

HÖHN, M. I. **Relational Supply Contracts: Optimal Concessions in Return Policies for Continuous Quality Improvements**. Springer, 2009. ISBN 9783642027918. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?id=9R-LIDTb7c8C> >.

HOLLAND, J. H. **Hidden order : how adaptation builds complexity**. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1995. xxi, 185 p. ISBN 0201407930.

HOPPE, R. M. **Outlining a Future of Supply Chain Management - Coordinated Supply Networks**. 2001. Dissertação (Mestrado). Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology

INFORMS. **Biennial survey of discrete-event simulation software tools**. The Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS). 2013

IRELAND, R. D.; WEBB, J. W. A multi-theoretic perspective on trust and power in strategic supply chains. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 1, p. 482-497, 2007.

JENNINGS, N. R.; SYCARA, K.; WOOLDRIDGE, M. J. A Roadmap of Agent Research and Development. **Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**, v. 1, n. 1, p. 7-38, 1998. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1023/A:1010090405266> >.

KAMPSTRA, R.; ASHAYERI, J.; GATTORNA, J. Realities of supply chain collaboration. **International Journal of Logistics Management**, The, v. 17, n. 3, p. 312-330, 2006. ISSN 0957-4093.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; STURROCK, D. T. **Simulation with Arena** 4th. Boston: McGraw-Hill, 2007.

KRETZER, J.; MENEZES, E. A. A importância da visão baseada em recursos na explicação da vantagem competitiva. **Revista de Economia Mackenzie**, v. 4, n. 4, 2009. ISSN 1678-5002.

KWON, I.-W. G.; SUH, T. Trust, commitment and relationships in supply chain management: a path analysis. **Supply Chain Management: An International Journal** v. 10, n. 1, p. 26-33, 2005.

LAMBERT, D. M.; EMMELHAINZ, M. A.; GARDNER, J. T. Building successful logistics partnerships. **Journal of Business Logistics**, v. 20, n. 1, p. 165-181, 1999.

LANE, D. C. “**You just don't understand me: Modes of failure and success in the discourse between system dynamics and discrete event simulation**”. LSE OR Dept. London: London School of Economics and Political Science 2000.

LEFAIX-DURAND, A.; POULIN, D.; BEAUREGARD, R. Relations interorganisationnelles et création de valeur. **Revue française de gestion**, n. 5, p. 205-227, 2006. ISSN 0338-4551.

LEWICKI, R. J.; BUNKER, B. B. Developing and maintaining trust in work relationships. In: KRAMER, R. M. e TYLER, T. R. (Ed.). **Trust in organizations: frontiers of theory and research** Thousand Oaks, California: Sage Publications, 1995.

LIMA, O. F. Análise e avaliação do desempenho dos serviços de transporte de carga. In: CAIXETA-FILHO, J. e MARTINS, R. S. (Ed.). **Gestão Logística do transporte de cargas**. São Paulo: Atlas, 2001. cap. 5, p.108-145.

_____. **Desempenho em serviços de transportes: conceitos, métodos e práticas.** 2004. Tese de Livre Docência Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas.

_____. **Logistics services performance.** Sabatical Studies Bournemouth: Bournemouth University 2007.

LOUREIRO, S. A. **Uso integrado de metodos de simulação de eventos discretos e contínuos na resolução de problemas logísticos em parques de diversão.** 2009. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas.

MACAL, C. M.; NORTH, M. J. Tutorial on agent-based modeling and simulation. In: KUHL, M. E.; STEIGER, N. M., *et al*, Winter Simulation Conference, 2005, Orlando. Winter Simulation Conference. p.2-15.

_____. Tutorial on agent-based modeling and simulation part 2: how to model with agents. In: PERRONE, L. F.; WIELAND, F. P., *et al*, Winter Simulation Conference, 2006, Monterey. Winter Simulation Conference. p.73-83.

MALINOWSKI, B. **Argonauts of the Western Pacific: An Account of Native Enterprise and Adventure in the Archipelagoes of Melanesian New Guinea, Enhanced Edition.** Waveland Press, 1922. ISBN 9781478609483. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?id=AQAZAAAAQBAJ> >.

MALONI, M.; BENTON, W. Power influences in the supply chain. **Journal of Business Logistics** v. 21, n. 1, p. 42-73, 2000.

MAUSS, M. **Essai Sur Le Don.** Routledge, 2002. ISBN 9780415267496. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?id=IyuwqqkFMzUC> >.

MAYO, D. D.; WICHMANN, K. E. Tutorial on business and market modeling to aid strategic decision making: system dynamics in perspective and selecting appropriate analysis approaches. In: CHICK, S.; SÁNCHEZ, P. J., *et al*, Winter Simulation Conference, 2003, New Orleans.

MAZZA, A. C. A. **As Relações Interpessoais em Encontros de Serviço: uma Abordagem à Luz da Teoria das Trocas Sociais.** 2007. Dissertação de Mestrado Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza.

MENTZER, J. T.; DEWITT, W.; TADAJEWSKI, M.; KEEBLER, J. S.; MIN, S.; NIX, N. W.; SMITH, C. D.; ZACHARIA, Z. G. Defining supply chain management. **Journal of Business Logistics**, v. 22, n. 2, p. 1-25, 2001.

MENTZER, J. T.; FOGGIN, J. H.; GOLIC, S. L. Collaboration: the enablers, impediments and benefits. **Supply Chain Management Review** n. 4, 2000.

MIN, S.; ROATH, A. S.; PATRICIA J. DAUGHERTY, S. E. G.; CHEN, H.; ARNDT, A. D.; RICHEY, R. G. Supply chain collaboration: what's happening? **The International Journal of Logistics Management**, v. 16, n. 2, p. 237-256, 2005. Disponível em: < www.emeraldinsight.com/10.1108/09574090510634539 >.

MINTZBERG, H.; AHLSTRAND, B.; LAMPEL, J. **Safári de estratégia: um roteiro pela selva do planejamento**. Porto Alegre: Bookman, 2000.

MORECROFT, J. **Strategic Modelling and Business Dynamics: A Feedback Systems Approach**. Chichester: John Wiley & Sons., 2007.

MORECROFT, J.; ROBINSON, S. **Explaining Puzzling Dynamics: Comparing the Use of System Dynamics and Discrete-Event Simulation**. The 23rd International Conference of the System Dynamics Society. Boston: System Dynamics Society 2005.

NORTH, M. J.; MACAL, C. M. **Managing business complexity: discovering strategic solutions with agent-based modeling and simulation**. New York: Oxford University Press, 2007.

NOVAES, A. G. Método de custeio abc na distribuição física de produtos. **TRANSPORTES**, v. 7, n. 2, 1999. ISSN 2237-1346.

_____. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operações e avaliação**. 3ª. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

OLAVARRIETA, S.; ELLINGER, A. E. Resource-based theory and strategic logistics research. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 27, n. 9/10, p. 559-587, 1997. ISSN 0960-0035.

OLAVE, M. E. L.; NETO, J. A. Redes de Cooperação produtiva: uma estratégia de competitividade e sobrevivência para pequenas e médias empresas. **Gestão & Produção**, v. 8, n. 3, p. 289-303, Dezembro 2001 2001.

PAYAN, J. M. A review and delineation of cooperation and coordination in marketing channels. **European Business Review**, v. 19, n. 3, p. 216-233, 2007. Disponível em: < www.emeraldinsight.com/10.1108/09555340710746473 >.

PEÑA, N. A.; ARROYABE, J. C. F. D. **Business cooperation: from theory to practice**. New York: Palgrave Macmillan, 2002.

PENROSE, E. **The theory of the growth of the firm**. Oxford: Basil Blackwell, 1959. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?id=4na2AAAAIAAJ> >.

PIDD, M. Complementarity in systems modelling. In: PIDD, M. (Ed.). **Systems Modelling: Theory and Practice**: Wiley, 2004. p.1-19. ISBN 9780470867327.

PIRES, S. R. I. **Gestão da cadeia de suprimentos: conceitos, estratégias, práticas e casos**. São Paulo: Atlas, 2004.

PONDÉ, J. L.; FAGUNDES, J.; POSSAS, M. Custos de transação e política de defesa da concorrência. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 1, n. 2, 1997.

PORTER, M. E. **Competitive strategy: techniques for analyzing industries and competitors: with a new introduction**. Free Pr, 1998. ISBN 0684841487.

PORTER, M. E. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência** 2ª. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

RAGSDALE, C. T. **Modelagem e análise de decisão**. São Paulo: CENGAGE, 2009.

RAJAGOPAL, D.; RAJAGOPAL, A. **Competition vs. Cooperation: Analyzing Strategy Dilemma in Business Growth under Changing Social Paradigms**. Mexico City 2006.

ROBINSON, S. **Simulation: the practice of model development and use**. London: John Wiley & Sons Ltd, 2004.

ROCHA, L. M. **From Artificial Life to Semiotic Agent Models: Review and Research Directions**. Los Alamos National Laboratory. Los Alamos. 1999. (LA-UR-99-5475)

ROSA, R. D. A. **MA ABORDAGEM BASEADA EM NEGOCIAÇÃO DE AGENTES PARA A RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DINÂMICA DE NAVIOS EM BERÇOS DE TERMINAIS PORTUÁRIOS**. 2006. Tese (Doutorado) Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória.

SAHAY, B. S. Understanding trust in supply chain relationships. **Industrial Management & Data Systems** v. 103, n. 8, p. 553-563, 2003.

SAKURADA, N.; MIYAKE, D. I. **Simulação baseada em agentes (SBA) para modelagem de operações**. Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais. São Paulo: Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais 2009.

ŠALAMON, T. **Design of Agent-based Models: Developing Computer Simulations for a Better Understanding of Social Processes**. Tomáš Bruckner, 2011. ISBN 9788090466111. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?id=2rCdKnltH8C> >.

SANCHES, L. M. **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**. 2009. Tese (Doutorado). Departamento de Geotecnia e Transportes, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas.

SCHERMERHOM, J. R. Determinants of inter-organizational cooperation. **Academy of Management Journal** v. 18, n. 4, p. 846-856, 1975.

SCHIERITZ, N.; MILLING, P. M. **Modeling the forest or modeling the trees: a comparison of system dynamics and agent-based simulation**. 21st System Dynamics Conference. New York 2003.

SCHIMDT, Â. M. A. **Processo de apoio à tomada de decisão – Abordagens: AHP e MACBETH**. 1995. Dissertação (Mestrado) Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis.

SHEPPARD, B. H.; TUNCHINSKY, M. Determinants of inter-organizational cooperation. In: KRAMER, R. M. e TYLER, T. R. (Ed.). **Trust in organizations: frontiers of theory and research**. Thousand Oaks: Sage Publications, 1995.

SILVA, V. M. D. **TRANSPORTE COLABORATIVO MARÍTIMO: UMA ANÁLISE SOB A ÓTICA DO MÉTODO SYSTEM DYNAMICS APLICADA À INDÚSTRIA MANUFATUREIRA**. 2012. Tese (Doutorado) Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis.

SIMCHI-LEVI, D.; CHEN, X.; BRAMEL, J. **The Logic of Logistics: Theory, Algorithms, and Applications for Logistics and Supply Chain Management**. Springer, 2007. ISBN 9780387226194. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?id=-XICAAAQBAJ> >.

SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. **Cadeia de suprimentos projeto e gestão: conceitos, estratégias e estudos de caso.** Porto Alegre: Bookman, 2003.

SOARES, S. R. **Análise multicritério como instrumento de gestão ambiental.** 2003. Dissertação (Mestrado) Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis.

STADTLER, H. A framework for collaborative planning and state-of-the-art. **OR Spectrum** v. 31, n. 1, p. 5-30, 2009.

STERMAN, J. **Business dynamics : systems thinking and modeling for a complex world.** Boston: Irwin/McGraw-Hill, 2000. xxvi, 982 p. ISBN 0072311355 (alk. paper).

TACLA, D.; LIMA JUNIOR, O.; SUYAMA, S.; BOTTER, R. Planning deliveries from end to beginning: an assessment methodology proposal for big cities in developing countries with real case application. Urban Transport XIV: Urban Transport and the Environment in the 21st Century, 2008.

TEDESCO, G.; VILLELA, T.; GRANEMANN, S.; FORTES, J. Mercado de Transporte Rodoviário de Cargas no Brasil. **Revista ANTT**, v. 3, n. 2, p. 140-51, 2011.

TSAY, A. A.; LOVEJOY, W. S. Quantity flexibility contracts and supply chain performance. **Manufacturing & Service Operations Management**, v. 1, n. 2, p. 89-111, 1999. ISSN 1523-4614.

VAART, T. V. D.; DONK, D. P. V. A critical review of survey-based research in supply chain integration. **International Journal of Production Economics**, v. 111, n. 1, p. 42-55, 2008.

VENNIX, J. A. M. **Group model building : facilitating team learning using system dynamics.** Chichester ; New York: J. Wiley, 1996. xiii, 297 p. ISBN 0471953555 (cloth alk. paper). Disponível em: < <http://www.loc.gov/catdir/description/wiley031/96011166.html>

< <http://www.loc.gov/catdir/toc/onix01/96011166.html> >.

VIEIRA, J. G. V.; YOSHIZAKI, H. T. Y.; HO, L. L. Um estudo sobre colaboração logística entre indústria de bens de consumo e redes de varejo supermercadista. **Gestão & Produção**, v. 16, n. 4, p. 556-570, 2009. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2009000400006&script=sci_arttext >.

VILAS BOAS, C. D. L. **MODELO MULTICRITÉRIOS DE APOIO À DECISÃO APLICADO AO USO MÚLTIPLO DE RESERVATÓRIOS: ESTUDO DA BARRAGEM**

DO RIBEIRÃO JOÃO LEITE 2006. Dissertação (Mestrado) Economia, Universidade de Brasília (UNB), Brasília.

VUGT, M. V.; CREMER, D. D.; JANSEEN, D. P. Gender differences in cooperation and competition: the male-warrior hypothesis. . **Psychological Science** v. 17, n. 1, p. 19-24, 2007.

WANKE, P.; FLEURY, P. F. Transporte de cargas no Brasil: estudo exploratório das principais variáveis relacionadas aos diferentes modais e às suas estruturas de custos. **Estrutura e dinâmica do setor de serviços no Brasil. Cap.**, v. 12, p. 409-464, 2006.

WERNERFELT, B. **A Resource-Based View Of The Firm.** 1982. Disponível em: < http://books.google.com.br/books?id=mlzC_DGKuDcC >.

WILLIAMS, Z.; MOORE, R. Supply chain relationships and information capabilities: the creation and use of information power. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 37, n. 6, p. 469-483, 2007.

WILLIAMSON, O. E. **Markets and hierarchies, analysis and antitrust implications: A study in the economics of internal organization.** New York: Free Press, 1975.

WILLIAMSON, O. E. **The Economic Institutions of Capitalism.** Free Press, 1985. ISBN 9780684863740. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?id=MUPVLuuy9uQC> >.

_____. **Strategizing, Economizing, and Economic Organization.** Produced and distributed by Center for Research in Management, 1991. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?id=8x0AHQAACAAJ> >.

WOOLDRIDGE, M. J.; JENNINGS, N. R. Intelligent agents: Theory and Practice. **The Knowledge Engineering Review**, v. 10, n. 2, p. 115-152, 1995.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 3ª. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZHOU, H.; BENTON JR, W. C. Supply chain practice and information sharing. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 6, p. 1348-1365, 2007. ISSN 0272-6963. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VB7-4MV758B-9/2/9889a1cfc43f19dc459fc5bbbad29c12> >.

8. APÊNDICE

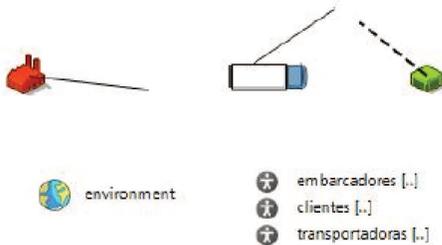
Neste apêndice é apresentada a documentação completa do modelo desenvolvido neste trabalho.

Model: triunfo_Cadeia

Name	Value
General	
Java Package Name	triunfo
File Name	C:\Users\Sérgio\Models\triunfo_Cadeia\triunfo_Cadeia.alp
Model Time	
Model Time Units	Day

Active Object Class: Main

Name	Value
Advanced	
Auto-create Datasets	true
Recurrence	1
Dataset Samples To Keep	100



Environment: environment

Name	Value
Advanced	
Space Type	CONTINUOUS
Dynamic: Width	400
Dynamic: Height	400
Layout Type	RANDOM
Layout Type Apply On Startup	true
Network Type	USER_DEF

Embarcador: embarcadores

Name	Value
General	
Type	Embarcador
Java Package Name	triunfo
Replication	1
Embedded Object Collection Type	ARRAY_LIST_BASED
Envelopes	environment

Embedded Object Parameters:

Name	Value
pedidoPara	transportadoras

Cliente: clientes

Name	Value
General	
Type	Cliente
Java Package Name	triunfo
Replication	50
Embedded Object Collection Type	ARRAY_LIST_BASED
Envelopes	environment

Embedded Object Parameters:

Name	Value
pedidoPara	embarcadores

Transportadora: transportadoras

Name	Value
General	
Type	Transportadora
Java Package Name	triunfo
Replication	10
Embedded Object Collection Type	ARRAY_LIST_BASED
Envelopes	environment

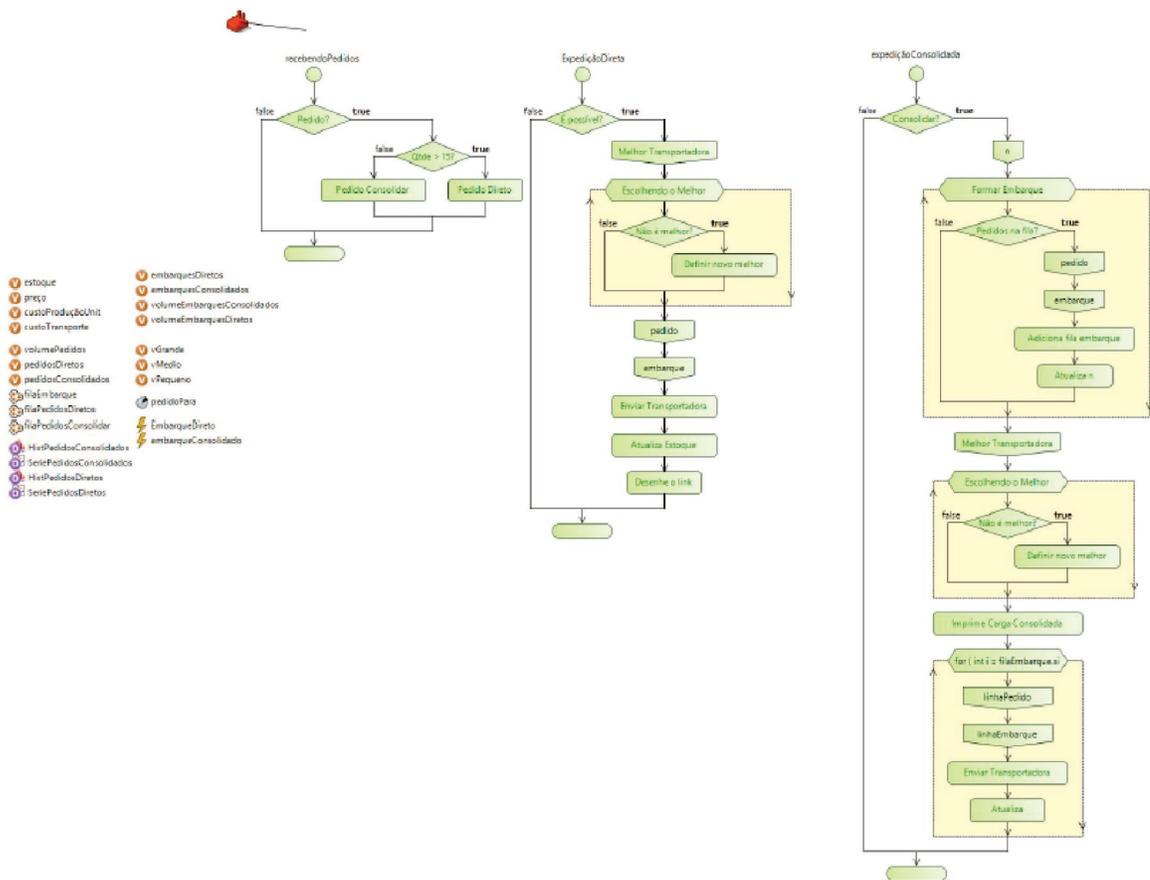
Embedded Object Presentation: embarcadores_presentation

Embedded Object Presentation: clientes_presentation

Embedded Object Presentation: transportadoras_presentation

Active Object Class: Embarcador

Name	Value
General	
Agent	true
Advanced	
Auto-create Datasets	true
Recurrence	1
Dataset Samples To Keep	100
Agent	
Space Type	CONTINUOUS
Environment Defines Init Location	true
Dynamic: x	450
Dynamic: y	50
On Receive	recebendoPedidos(msg);
Statechart Refs	[]



Parameter: pedidoPara

Name	Value
General	
Type	ActiveObjectArrayList<Transportadora>
Editor	
Editor Control	TEXT_BOX

Event: EmbarqueDireto

Name	Value
General	
Trigger Type	timeout
Mode	cyclic
Recurrence	0.5*hour()
Occurence Time	0.5*hour()
Action	ExpediçãoDireta();

Event: embarqueConsolidado

Name	Value
------	-------

Name	Value
General	
Trigger Type	timeout
Mode	cyclic
Recurrence	4*hour()
Occurrence Time	4*hour()
Action	expediçãoConsolidada();

Variable: estoque

Name	Value
General	
Type	double
Initial Value	99999999

Variable: preço

Name	Value
General	
Type	double
Initial Value	10

Variable: volumePedidos

Name	Value
General	
Type	double
Initial Value	0

Variable: embarquesDiretos

Name	Value
General	
Type	double
Initial Value	0

Variable: volumeEmbarquesDiretos

Name	Value
General	
Type	double
Initial Value	0

Variable: embarquesConsolidados

Name	Value
General	
Type	double
Initial Value	0

Variable: pedidosConsolidados

Name	Value
General	
Type	double

Variable: volumeEmbarquesConsolidados

Name	Value
General	
Type	double

Variable: vGrande

Name	Value
General	
Type	int

Variable: vMedio

Name	Value
General	
Type	int

Variable: vPequeno

Name	Value
General	
Type	int

Variable: pedidosDiretos

Name	Value
General	
Type	double

Variable: custoTransporte

Name	Value
General	
Type	double
Initial Value	0

Variable: custoProduçãoUnit

Name	Value
General	
Type	double
Initial Value	4

Collection: filaPedidosDiretos

Name	Value
General	
Collection Class	java.util.LinkedList
Element Class	Pedido

Collection: filaPedidosConsolidar

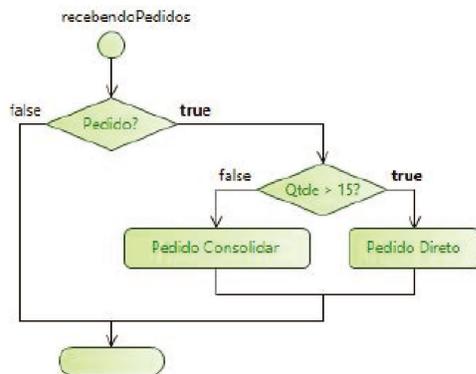
Name	Value
General	
Collection Class	java.util.LinkedList
Element Class	Pedido

Collection: filaEmbarque

Name	Value
General	
Collection Class	java.util.LinkedList
Element Class	Transporte

Action Chart: recebendoPedidos

Name	Value
General	
Return Type	void



Decision: decision

Name	Value
General	
Comment	Pedido?
Condition	message instanceof Pedido

Return: returnStatement

Decision: decision2

Name	Value
------	-------

Name	Value
General	
Comment	Qtde > 15?
Condition	((Pedido)message).quantidade >15

Code: code4

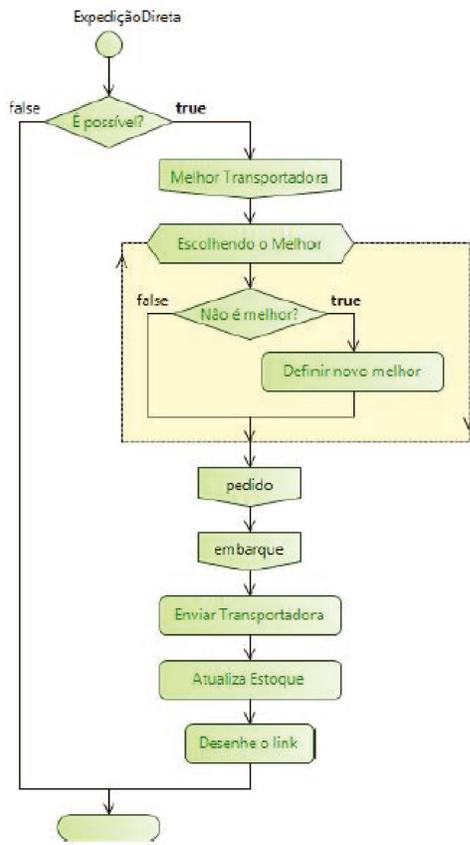
Name	Value
General	
Comment	Pedido Consolidar
Action	filaPedidosConsolidar.add((Pedido)message); volumePedidos+=((Pedido)message).quantidade;

Code: code

Name	Value
General	
Comment	Pedido Direto
Action	filaPedidosDiretos.add((Pedido)message); volumePedidos+=((Pedido)message).quantidade;

Action Chart: ExpediçãoDireta

Name	Value
General	
Return Type	void



Decision: decision1

Name	Value
General	
Comment	É possível?
Condition	//ordersQueue.size() == 0 ? false : finishedGoods >= ordersQueue.getFirst().amount filaPedidosDiretos.size() == 0 ? false : estoque >= filaPedidosDiretos.getFirst().quantidade

Code: code5

Name	Value
General	
Comment	Desenhe o link
Action	line.setDx(melhorTransportadora.getX()-getX()); line.setDy(melhorTransportadora.getY()-getY());

For Loop: forLoop

Name	Value
General	
Comment	Escolhendo o Melhor
Collection Iterator	true

Name	Value
Item	Transportadora transportadora
Collection	pedidoPara

Decision: decision3

Name	Value
General	
Comment	Não é melhor?
Condition	transportadora.preço < melhorTransportadora.preço

Code: code3

Name	Value
General	
Comment	Definir novo melhor
Action	melhorTransportadora= transportadora;

Local Variable: pedido

Name	Value
General	
Comment	Remover Pedido da Fila
Type	Pedido
Initial Value	filaPedidosDiretos.removeFirst()

Local Variable: embarque

Name	Value
General	
Type	Transporte
Initial Value	new Transporte(pedido.quantidade,pedido.from)

Code: code2

Name	Value
General	
Comment	Enviar Transportadora
Action	send(embarque,melhorTransportadora);

Code: code1

Name	Value
General	
Comment	Atualiza Estoque
Action	<pre> estoque -= pedido.quantidade; volumePedidos -=pedido.quantidade; embarquesDiretos +=1; volumeEmbarquesDiretos +=pedido.quantidade; pedidosDiretos = pedido.quantidade; if(pedido.quantidade > 12 && pedido.quantidade <30){ vGrande++; custoTransporte +=24*melhorTransportadora.preço; </pre>

Name	Value
	<pre> }else if(pedido.quantidade<3){ vPequeno++; custoTransporte +=8*2.40*melhorTransportadora.preço; }else{ vMedio++; custoTransporte +=14*1.28*melhorTransportadora.preço; } </pre>

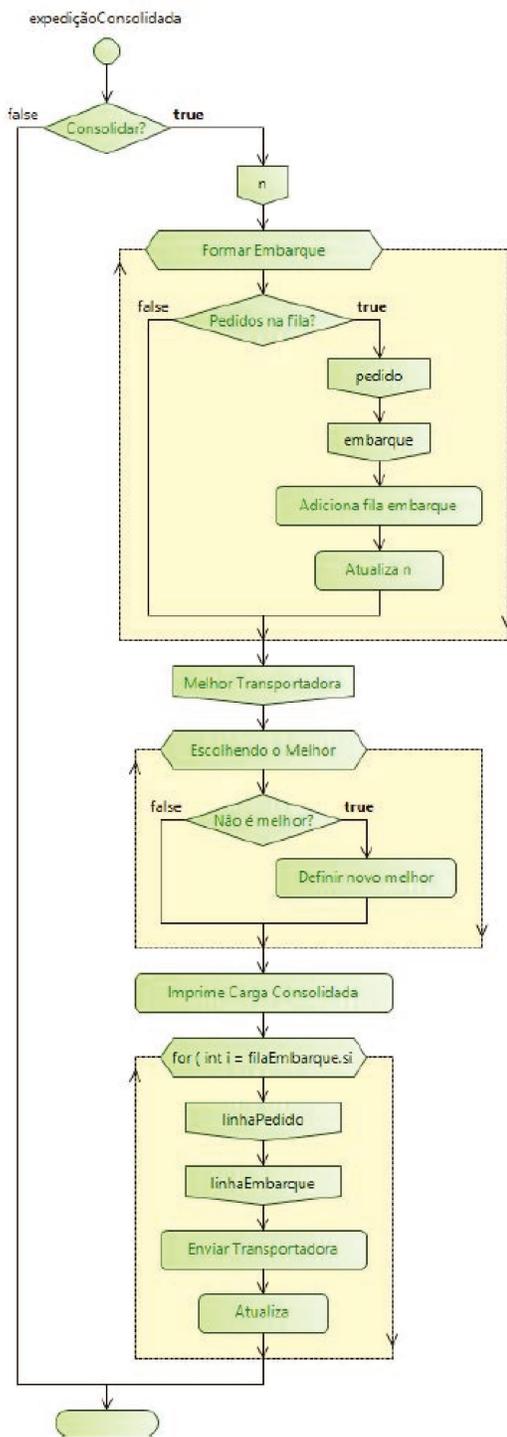
Return: returnStatement1

Local Variable: melhorTransportadora

Name	Value
General	
Comment	Melhor Transportadora
Type	Transportadora
Initial Value	pedidoPara.get(0)

Action Chart: expediçãoConsolidada

Name	Value
General	
Return Type	void



Decision: decision4

Name	Value
Comment	Consolidar?
Condition	filaPedidosConsolidar.size() < 2 ? false:true

Code: code8

Name	Value
General	
Comment	Imprime Carga Consolidada
Action	<pre> embarquesConsolidados +=1; pedidosConsolidados = n; traceln("carga completa "+ filaEmbarque.size()+" embarques consolidados"+ " carga total= "+n); if(n > 12 && n <30){ vGrande++; custoTransporte +=24*melhorTransportadora1.preço; }else if(n <3){ vPequeno++; custoTransporte +=8*2.40*melhorTransportadora1.preço; }else{ vMedio++; custoTransporte +=14*1.28*melhorTransportadora1.preço; } </pre>

For Loop: forLoop1

Name	Value
General	
Collection Iterator	false
Initializer	int i = filaEmbarque.size()-1
Condition	i >= 0
Counting	i--

Local Variable: linhaPedido

Name	Value
General	
Type	Transporte
Initial Value	filaEmbarque.removeFirst();

Local Variable: linhaEmbarque

Name	Value
General	
Type	Transporte
Initial Value	new Transporte(linhaPedido.quantidade,linhaPedido.from)

Code: code9

Name	Value
General	
Comment	Enviar Transportadora
Action	<pre> traceln(linhaPedido.quantidade); send(linhaEmbarque,melhorTransportadora1); </pre>

Code: code11

Name	Value
General	
Comment	Atualiza Estoque
Action	estoque -= linhaPedido.quantidade; volumePedidos -= linhaPedido.quantidade; volumeEmbarquesConsolidados +=linhaPedido.quantidade;

For Loop: forLoop2

Name	Value
General	
Comment	Escolhendo o Melhor
Collection Iterator	true
Item	Transportadora transportadora
Collection	pedidoPara

Decision: decision6

Name	Value
General	
Comment	Não é melhor?
Condition	transportadora.preço < melhorTransportadora1.preço

Code: code10

Name	Value
General	
Comment	Definir novo melhor
Action	melhorTransportadora1= transportadora;

Local Variable: melhorTransportadora1

Name	Value
General	
Comment	Melhor Transportadora
Type	Transportadora
Initial Value	pedidoPara.get(0)

Local Variable: n

Name	Value
General	
Type	double
Initial Value	0

While Loop: whileLoop1

Name	Value
General	
Comment	Formar Embarque

Name	Value
Condition	n < 18 && filaPedidosConsolidar.size()>2

Decision: decision5

Name	Value
General	
Comment	Pedidos na fila?
Condition	filaPedidosConsolidar.size() == 0 ? false: true

Local Variable: pedido

Name	Value
General	
Type	Pedido
Initial Value	filaPedidosConsolidar.removeFirst()

Local Variable: embarque

Name	Value
General	
Type	Transporte
Initial Value	new Transporte(pedido.quantidade,pedido.from)

Code: code6

Name	Value
General	
Comment	Adiciona fila embarque
Action	filaEmbarque.add(embarque);

Code: code7

Name	Value
General	
Comment	Atualiza n
Action	n+=pedido.quantidade;

Return: returnStatement4

Histogram Data: HistPedidosConsolidados

Name	Value
General	
Value	pedidosConsolidados
Number Of Intervals	10
Data range	true
Initial Interval Size	0.1
Analysis Auto Update	true
Recurrence	1

Data Set: SeriePedidosConsolidados

Name	Value
General	
Axis Data Freeze X Axis	true
Axis Data Vertical Y Axis	pedidosConsolidados
Dataset Samples To Keep	1500
Analysis Auto Update	true
Recurrence	1

Histogram Data: HistPedidosDiretos

Name	Value
General	
Value	pedidosDiretos
Number Of Intervals	10
Data range	true
Initial Interval Size	0.1
Analysis Auto Update	true
Recurrence	1

Data Set: SeriePedidosDiretos

Name	Value
General	
Axis Data Freeze X Axis	true
Axis Data Vertical Y Axis	pedidosDiretos
Dataset Samples To Keep	1500
Analysis Auto Update	true
Recurrence	1

Line: line

Name	Value
Advanced	
x	0
y	0
dX	90
dY	10

Group: factory

Name	Value
Advanced	
x	0
y	0

Polyline: _ps287

Name	Value
General	
Fill Color	new Color(0, 0, 0, 80)
Polyline closed	true
Advanced	
x	0
y	15

Polyline: _ps288

Name	Value
General	
Fill Color	new Color(209, 59, 0)
Polyline closed	true
Advanced	
x	-16
y	7

Polyline: _ps289

Name	Value
General	
Fill Color	new Color(248, 64, 0)
Polyline closed	true
Advanced	
x	12
y	-1

Curve: _ps290

Name	Value
General	
Fill Color	new Color(188, 35, 0)
Curve closed	true
Control Points	true
Advanced	
x	2
y	-4

Curve: _ps291

Name	Value
General	
Fill Color	new Color(188, 35, 0)
Curve closed	true
Control Points	true
Advanced	
x	8
y	-1

Polyline: _ps292

Name	Value
General	
Fill Color	new Color(248, 64, 0)
Polyline closed	true
Advanced	
x	-4
y	7

Polyline: _ps293

Name	Value
General	
Fill Color	new Color(188, 35, 0)
Polyline closed	true
Advanced	
x	-4
y	13

Polyline: _ps294

Name	Value
General	
Fill Color	new Color(118, 18, 0)
Polyline closed	true
Advanced	
x	0
y	11

Polyline: _ps295

Name	Value
General	
Fill Color	new Color(118, 18, 0)
Polyline closed	true
Advanced	
x	4
y	9

Polyline: _ps296

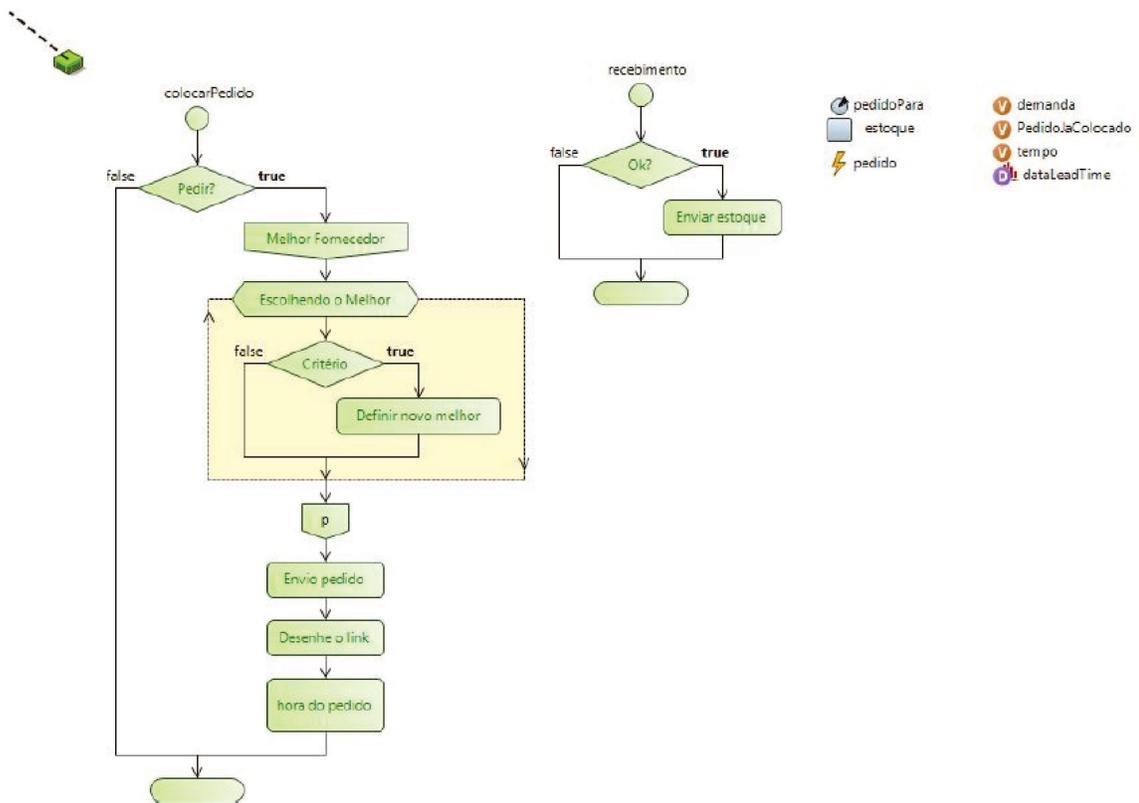
Name	Value
General	
Fill Color	new Color(118, 18, 0)
Polyline closed	true
Advanced	
x	8
y	7

Curve: _ps297

Name	Value
General	
Line Color	new Color(70, 8, 0)
Curve closed	true
Control Points	true
Advanced	
x	12
y	-1

Active Object Class: Cliente

Name	Value
General	
Agent	true
Advanced	
Auto-create Datasets	true
Recurrence	1
Dataset Samples To Keep	100
Agent	
Space Type	CONTINUOUS
Environment Defines Init Location	true
Dynamic: x	50
Dynamic: y	350
On Receive	recebimento(msg);
Statechart Refs	[]



Parameter: pedidoPara

Name	Value
General	
Type	ActiveObjectArrayList<Embarcador>
Editor	
Editor Control	TEXT_BOX

Event: pedido

Name	Value
General	
Trigger Type	timeout
Mode	cyclic
Recurrence	1*day();
Occurence Time	1*day()
Action	demanda=triangular(2,23,4); colocarPedido();

Variable: demanda

Name	Value
Type	double
Initial Value	60

Variable: PedidoJaColocado

Name	Value
General	
Type	boolean
Initial Value	false

Variable: tempo

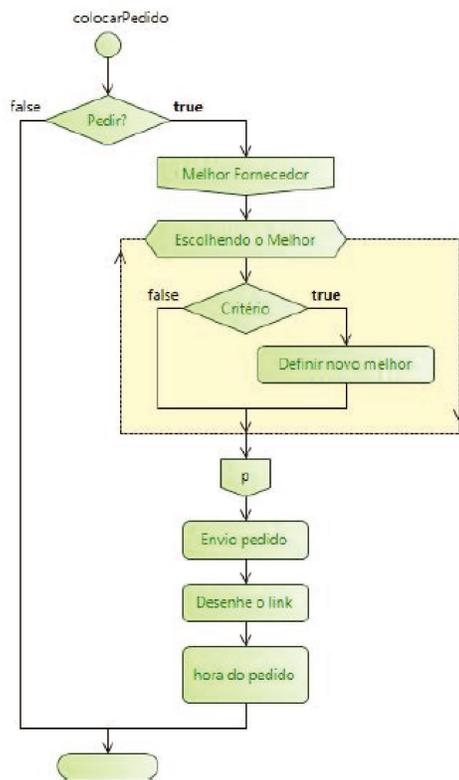
Name	Value
General	
Type	double

Stock: estoque

Name	Value
General	
Initial Value	0

Action Chart: colocarPedido

Name	Value
General	
Return Type	void



Return: returnStatement

Decision: decision2

Name	Value
General	
Comment	Pedir?
Condition	!PedidoJaColocado

Code: code3

Name	Value
General	
Comment	hora do pedido
Action	tempo = time();

Code: code1

Name	Value
General	
Comment	Envio pedido
Action	send(p, melhorFornecedor); PedidoJaColocado=true;

Code: code4

Name	Value
General	
Comment	Desenhe o link
Action	line.setDx(melhorFornecedor.getX()-getX()); line.setDy(melhorFornecedor.getY()-getY());

Local Variable: melhorFornecedor

Name	Value
General	
Comment	Melhor Fornecedor
Type	Embarcador
Initial Value	pedidoPara.get(0)

For Loop: forLoop

Name	Value
General	
Comment	Escolhendo o Melhor
Collection Iterator	true
Item	Embarcador fornecedor
Collection	pedidoPara

Decision: decision

Name	Value
General	
Comment	Critério
Condition	fornecedor.preço < melhorFornecedor.preço

Code: code

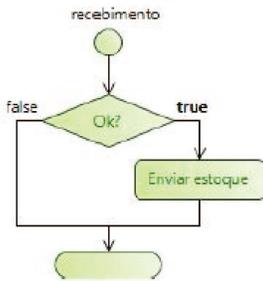
Name	Value
General	
Comment	Definir novo melhor
Action	melhorFornecedor= fornecedor;

Local Variable: p

Name	Value
General	
Type	Pedido
Initial Value	new Pedido(demanda,this);

Action Chart: recebimento

Name	Value
General	
Return Type	void



Decision: decision1

Name	Value
General	
Comment	Ok?
Condition	carga instanceof Entrega

Code: code2

Name	Value
General	
Comment	Enviar estoque
Action	dataLeadTime.add(time()-tempo); estoque+=((Entrega)carga).quantidade; PedidoJaColocado=false;

Return: returnStatement1

Histogram Data: dataLeadTime

Name	Value
General	
Number Of Intervals	5
Data range	true
Initial Interval Size	1
Analysis Auto Update	false

Line: line

Name	Value
General	
Line Width	2
Line Style	DASHED
Advanced	
x	0
y	0
dX	-50
dY	-40
Dynamic	
Dynamic: Visible	PedidoJaColocado

Group: store

Name	Value
Advanced	
x	0
y	0

Polyline: _ps268

Name	Value
General	
Fill Color	new Color(0, 0, 0, 80)
Polyline closed	true
Advanced	
x	0
y	12

Polyline: _ps269

Name	Value
General	
Fill Color	new Color(153, 234, 0)
Polyline closed	true
Advanced	
x	0
y	4

Polyline: _ps270

Name	Value
General	
Fill Color	new Color(131, 200, 0)
Polyline closed	true
Advanced	
x	-12
y	6

Polyline: _ps271

Name	Value
General	
Fill Color	new Color(103, 158, 0)
Polyline closed	true
Advanced	
x	0
y	12

Polyline: _ps272

Name	Value
General	
Fill Color	new Color(65, 100, 0)
Polyline closed	true
Advanced	
x	-10
y	7

Line: _ps273

Name	Value
General	
Line Color	new Color(103, 158, 0)
Advanced	
x	2
y	11
dX	0
dY	-6

Line: _ps274

Name	Value
General	
Line Color	new Color(131, 200, 0)
Advanced	
x	-2
y	11
dX	0
dY	-6

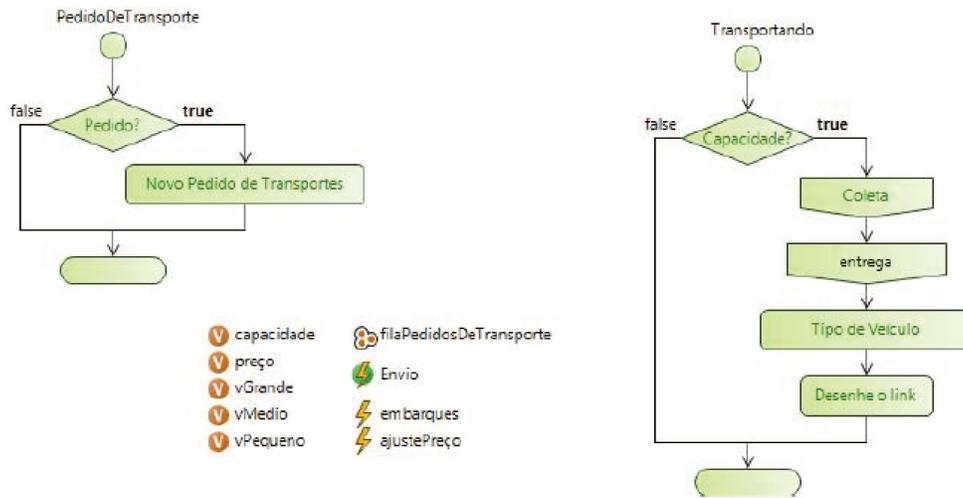
Polyline: _ps275

Name	Value
General	
Line Color	new Color(32, 50, 0)
Polyline closed	true
Advanced	
x	0
y	12

Active Object Class: Transportadora

Name	Value
General	
Agent	true
Advanced	
Auto-create Datasets	true
Recurrence	1
Dataset Samples To Keep	100
Agent	

Name	Value
Space Type	CONTINUOUS
Environment Defines Init Location	true
Dynamic: x	50
Dynamic: y	50
On Receive	PedidoDeTransporte(msg);
Statechart Refs	[]



Dynamic Event: Envio

Name	Value
General	
Action	send(quantidade,from);

Parameters:

Name	Type
quantidade	Object
from	AgentContinuous2D

Event: embarques

Name	Value
General	
Trigger Type	timeout
Mode	cyclic
Recurrence	1*hour()
Occurrence Time	1
Action	Transportando();

Event: ajustePreço

Name	Value
General	
Trigger Type	timeout
Mode	cyclic
Recurrence	30*day()
Occurrence Time	0
Action	preço=normal(12,125);

Variable: preço

Name	Value
General	
Type	double
Initial Value	300

Variable: capacidade

Name	Value
General	
Type	double
Initial Value	400

Variable: vGrande

Name	Value
General	
Type	int

Variable: vMedio

Name	Value
General	
Type	int

Variable: vPequeno

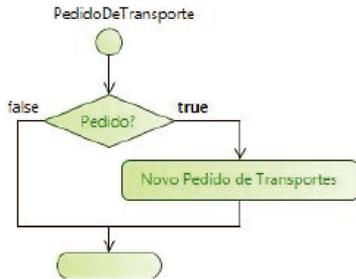
Name	Value
General	
Type	int

Collection: filaPedidosDeTransporte

Name	Value
General	
Collection Class	java.util.LinkedList
Element Class	Transporte

Action Chart: PedidoDeTransporte

Name	Value
General	
Return Type	void



Decision: decision

Name	Value
General	
Comment	Pedido?
Condition	message instanceof Transporte

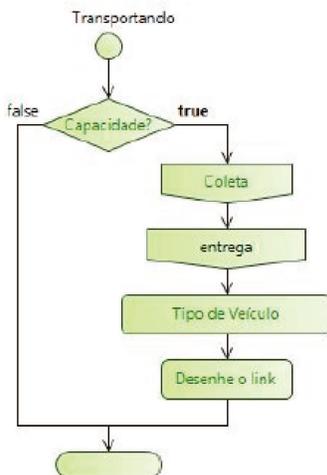
Code: code

Name	Value
General	
Comment	Novo Pedido de Transportes
Action	filaPedidosDeTransporte.add((Transporte)message);

Return: returnStatement

Action Chart: Transportando

Name	Value
General	
Return Type	void



Decision: decision1

Name	Value
General	
Comment	Capacidade?
Condition	filaPedidosDeTransporte.size()!= 0 ? false: capacidade >=filaPedidosDeTransporte.getFirst().quantidade

Code: code4

Name	Value
General	
Comment	Desenhe o link
Action	line.setDx(coleta.from.getX()-getX()); line.setDy(coleta.from.getY()-getY());

Code: code1

Name	Value
General	
Comment	Tipo de Veiculo
Action	if(coleta.quantidade > 12 && coleta.quantidade <24){ vGrande++; }else if(coleta.quantidade<3){ vPequeno++; }else{ vMedio++; } create_Envio(triangular(1,2,1.3),entrega,coleta.from); //send(e,t.from);

Local Variable: entrega

Name	Value
General	
Type	Entrega
Initial Value	new Entrega(coleta.quantidade,this)

Local Variable: coleta

Name	Value
General	
Comment	Coleta
Type	Transporte
Initial Value	filaPedidosDeTransporte.removeFirst()

Return: returnStatement1

Line: line

Name	Value
x	-10
y	-10
dX	60
dY	-40

Group: lorry

Name	Value
Advanced	
x	0
y	0

Rectangle: _ps86

Name	Value
General	
Fill Color	darkGray
Advanced	
x	13
y	-8
Width	2
Height	17

Curve: _ps87

Name	Value
General	
Fill Color	new Color(53, 75, 94)
Curve closed	true
Control Points	true
Advanced	
x	26
y	-9

Curve: _ps88

Name	Value
General	
Fill Color	new Color(53, 75, 94)
Curve closed	true
Control Points	true
Advanced	
x	26
y	10

Curve: _ps89

Name	Value
General	

Name	Value
Fill Color	steelBlue
Line Color	new Color(53, 75, 94)
Curve closed	true
Control Points	true
Advanced	
x	15
y	-8

Rounded Rectangle: _ps90

Name	Value
General	
Fill Color	new Color(117, 166, 200)
Advanced	
x	16
y	-6
Width	9
Height	13
Radius	1

Rectangle: _ps91

Name	Value
General	
Fill Color	darkGray
Advanced	
x	-29
y	-8
Width	2
Height	17

Rectangle: _ps92

Name	Value
General	
Fill Color	silver
Advanced	
x	-27
y	-9
Width	41
Height	19

Rounded Rectangle: _ps93

Name	Value
Advanced	
x	-26
y	-7
Width	39

Name	Value
Text	<pre> /** * Entrega */ public class Entrega implements java.io.Serializable { double quantidade; AgentContinuous2D from; /** * Default constructor */ public Entrega(){ } /** * Constructor initializing the fields */ public Entrega(double quantidade, AgentContinuous2D from){ this.quantidade = quantidade; this.from = from; } @Override public String toString() { return "quantidade = " + quantidade + " "+ "from = " + from + " "; } /** * This number is here for model snapshot storing purpose
 * It needs to be changed when this class gets changed */ private static final long serialVersionUID = 1L; } </pre>

Java Class: Transporte

Name	Value
General	
Java Class Type	JAVA_CLASS
Text	<pre> /** * Transporte */ public class Transporte implements java.io.Serializable { double quantidade; AgentContinuous2D from; /** * Default constructor */ public Transporte(){ } /** * Constructor initializing the fields */ public Transporte(double quantidade, AgentContinuous2D from){ this.quantidade = quantidade; this.from = from; } @Override public String toString() { return "quantidade = " + quantidade + " "+ "from = " + from + " "; } } </pre>

Name	Value
Text	<pre> /** * Entrega */ public class Entrega implements java.io.Serializable { double quantidade; AgentContinuous2D from; /** * Default constructor */ public Entrega(){ } /** * Constructor initializing the fields */ public Entrega(double quantidade, AgentContinuous2D from){ this.quantidade = quantidade; this.from = from; } @Override public String toString() { return "quantidade = " + quantidade + " "+ "from = " + from + " "; } /** * This number is here for model snapshot storing purpose
 * It needs to be changed when this class gets changed */ private static final long serialVersionUID = 1L; } </pre>

Java Class: Transporte

Name	Value
General	
Java Class Type	JAVA_CLASS
Text	<pre> /** * Transporte */ public class Transporte implements java.io.Serializable { double quantidade; AgentContinuous2D from; /** * Default constructor */ public Transporte(){ } /** * Constructor initializing the fields */ public Transporte(double quantidade, AgentContinuous2D from){ this.quantidade = quantidade; this.from = from; } @Override public String toString() { return "quantidade = " + quantidade + " "+ "from = " + from + " "; } } </pre>

Name	Value
	<pre> } /** * This number is here for model snapshot storing purpose
 * It needs to be changed when this class gets changed */ private static final long serialVersionUID = 1L; } </pre>

Simulation Experiment: Simulation

Name	Value
General	
Active Object Class	Main
Random Number Generation Type	randomSeed
Advanced	
Maximum Available Memory	64
Differentiation Equations Method	EULER
Mixed Equations Method	RK45_NEWTON
Algebraic Equations Method	MODIFIED_NEWTON
Absolute Accuracy	1.0E-5
Time Accuracy	1.0E-5
Relative Accuracy	1.0E-5
Fixed Time Step	0.0010
Presentation Top Group Persistent	true
Model Time	
Stop Option	Stop at specified time
Initial Time	0.0
Final Time	1460.0
Presentation	
CPU Time Balance	ratio_1_2
Execution Mode	realTimeScaled
Real Time Scale	1.0
Window	
Title	triunfo : Simulation
Real Time Of Simulation	false

triunfo

Experiment setup page

Run the model and switch to Main view

Text: text

Name	Value
Advanced	
x	40
y	30

Name	Value
General	
Alignment	LEFT
Font Name	Serif
Font Size	28
Bold Font Style	true
Text	trunfo
Advanced	
x	40
y	30

Text: text1

Name	Value
Advanced	
x	40
y	63
General	
Alignment	LEFT
Font Name	Serif
Font Size	16
Italic Font Style	true
Text	Experiment setup page
Advanced	
x	40
y	63

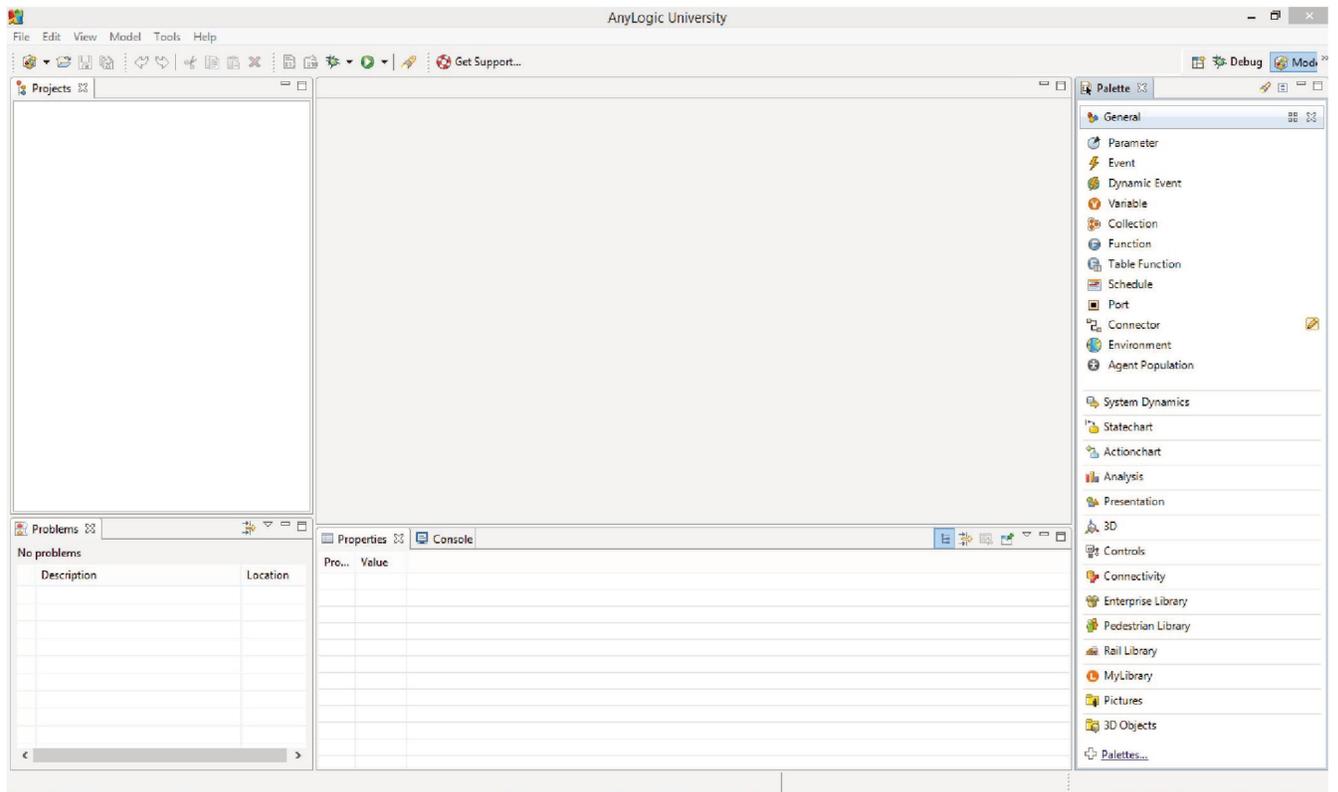
Button: button

Name	Value
General	
Label Text	Run the model and switch to Main view
Action	if (getState() == IDLE) run(); getPresentation().setPresentable(getEngine().getRoot());
Advanced	
Font Name	Dialog
Font Size	11
x	40
y	120
Width	230
Height	30
Dynamic	
Dynamic: Label	getState() == IDLE ? "Run the model and switch to Main view" : "Switch to Main view"

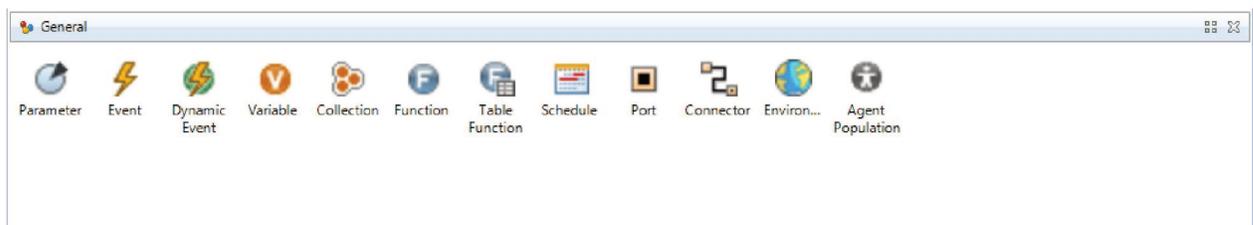
9. ANEXO

Este anexo apresenta as principais telas e paletas de desenvolvimento do software AnyLogic 6.9.0

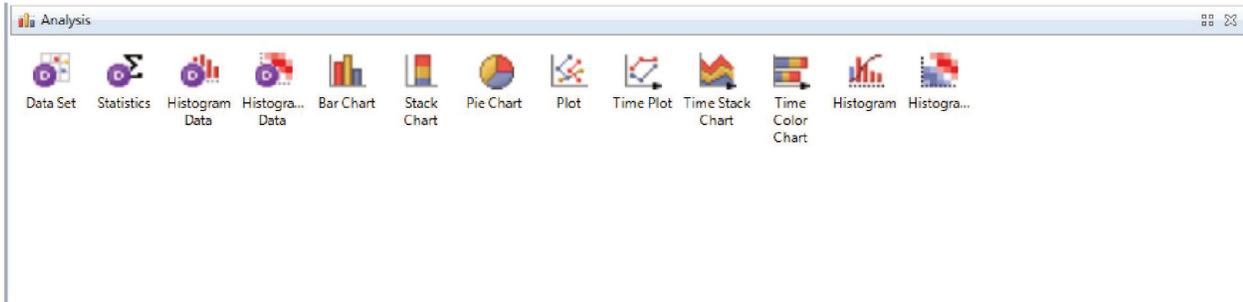
Tela Principal do Anylogic 6.9



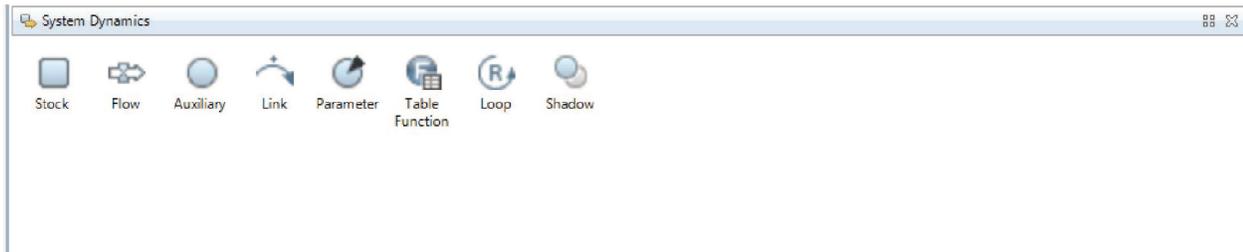
- Paleta de controle Geral



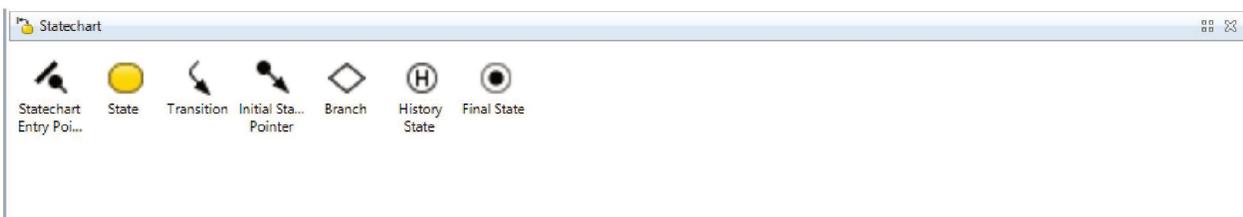
- Paleta de Análise Estatística



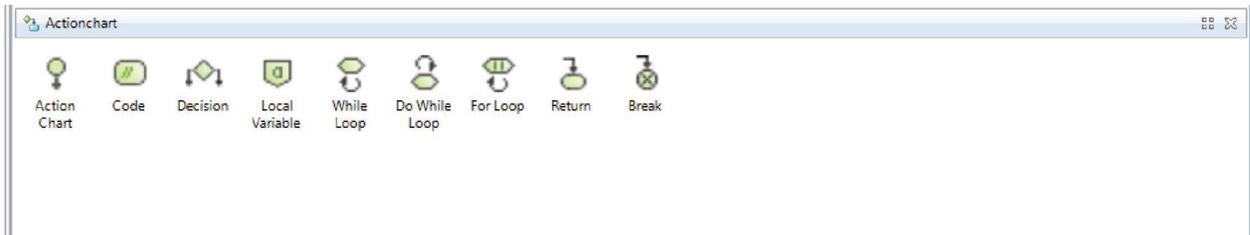
- Paleta de componentes para modelagem por Dinâmica de Sistemas



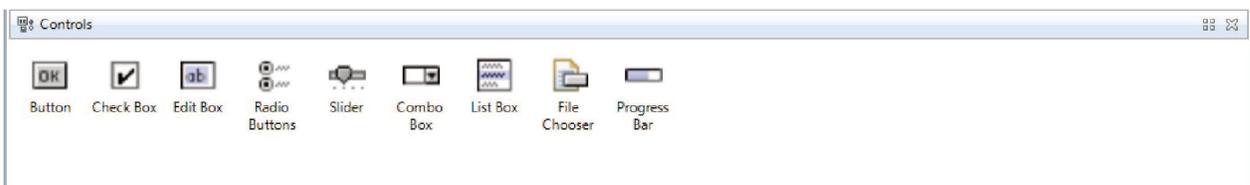
- Paleta de componentes de *Statechart*



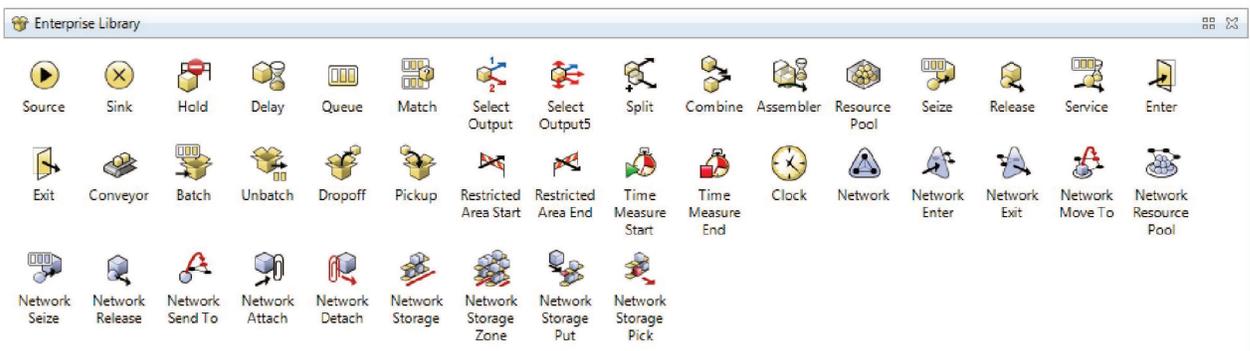
- Paleta de componentes para construção de *ActionChart*



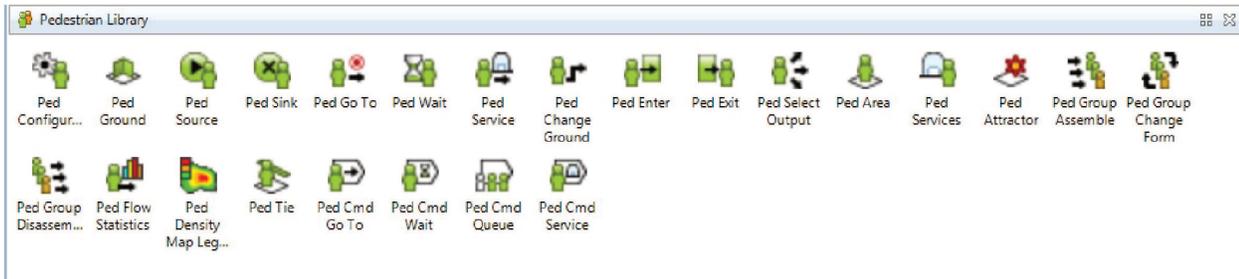
- Paleta de botões e controles



- Paleta de componentes para modelagem por Eventos Discretos



- Paleta para modelagem de sistemas compostos por pedestres



- Paleta para modelagem de sistemas ferroviários

