

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**UM MODELO DE SISTEMA MULTI-AGENTE PARA NEGOCIAÇÃO
AUTOMATIZADA NO COMÉRCIO ELETRÔNICO**

Ricardo Rubens Gomes Nunes Filho

Campina Grande, PB

Fevereiro de 2004

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA**

**UM MODELO DE SISTEMA MULTI-AGENTE PARA NEGOCIAÇÃO
AUTOMATIZADA NO COMÉRCIO ELETRÔNICO**

Ricardo Rubens Gomes Nunes Filho

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Informática.

Área de Concentração: Ciência da Computação

Linha de Pesquisa: Modelos Computacionais e Cognitivos

Prof. Dr. Evandro de Barros Costa

(Orientador)

Campina Grande, PB

Fevereiro de 2004

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

UFCG - BIBLIOTECA - CAMPUS I	
684	13.09.04

UM MODELO DE SISTEMA MULTI-AGENTE PARA NEGOCIAÇÃO
AUTOMATIZADA NO COMÉRCIO ELETRÔNICO

Ficha Catalográfica

NUNES FILHO, Ricardo Rubens Gomes

N972M

Um Modelo de Sistema Multi-Agente para Negociação Automatizada no Comércio Eletrônico.

Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Coordenação de Pós-Graduação em Informática, Campina Grande, Paraíba, Março de 2004.

111 p. Il.

Orientador: Evandro de Barros Costa

Palavras-chaves:

- 1- Inteligência Artificial
- 2- Sistemas Multi-Agentes
- 3- Negociação Automatizada
- 4- Comércio Eletrônico

CDU – 007.52

Prof. Dr. Evandro de Barros Costa

(Orientador)

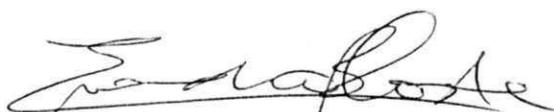
Campina Grande, PB

Março de 2004

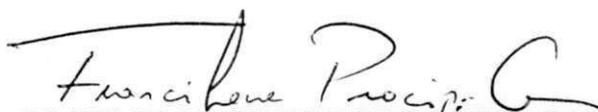
**“UM MODELO DE SISTEMA MULTI-AGENTE PARA NEGOCIAÇÃO
AUTOMATIZADA NO COMÉRCIO ELETRÔNICO”**

RICARDO RUBENS GOMES NUNES FILHO

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 17.02.2004



PROF. EVANDRO DE BARROS COSTA, D.Sc
Orientador



PROFª FRANCILENE PROCÓPIO GARCIA, D.Sc
Examinadora



PROFª MARIA DEL ROSÁRIO GIRARDI GUTIERREZ, Drª
Examinadora

CAMPINA GRANDE – PB

Aos meus pais Ricardo (*in memoriam*) e Carmen,

meu irmão Ruam e

minha avó Rosalina (*in memoriam*)

Agradecimentos

Em primeiro lugar a Deus, que me deu conhecimento e capacidade para encarar o mestrado e superar as dificuldades.

À minha família que, com saudades, esteve sempre me apoiando e torcendo pelo meu sucesso.

Aos vários amigos que sempre me deram forças, ajudando-me a superar pacientemente o desafio de estar em uma nova cidade e a agüentar a vontade de voltar para Maceió.

Aos amigos da Aliança Bíblica Universitária de Maceió (ABU-Maceió), que me deixaram com muita saudade enquanto estive morando em Campina Grande, pela amizade, pelo carinho, pela paciência e por sempre fazerem a maior festa quando eu retornava a Maceió.

Ao pessoal da ABU-Natal, por me acolherem com o mesmo carinho da ABU-Maceió todas as vezes que estive em Natal.

Aos amigos e irmãos da Igreja Batista do Pinheiro, especialmente aos amigos que se reúnem no Pequeno Grupo da Jatiúca, pelo carinho, amor e apoio.

Ao meu orientador, por ter me ajudado a concretizar este trabalho.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

Resumo

A Internet trouxe novos paradigmas para as pessoas como, por exemplo, a possibilidade de realizar transações comerciais utilizando as tecnologias de comunicação e informação disponíveis. Desta forma, várias pesquisas surgiram para que as diversas etapas que compõem as transações comerciais pudessem ser realizadas através da Internet. Uma etapa particular e presente em determinados contextos é a etapa de negociação, a qual é o foco deste trabalho.

As primeiras pesquisas sobre negociação automatizada utilizaram a tecnologia de agentes para representar o consumidor e o vendedor na negociação. Estas pesquisas geraram modelos que determinavam como se dá a interação entre os agentes negociadores, a definição de um conjunto de preferências para negociação e a tomada de decisão baseado nestas preferências. Numa perspectiva da empresa, a negociação automatizada sendo efetuada levando em consideração somente um conjunto de preferências, fixas e definidas antes da negociação, não condiz com o modelo praticado no mundo real.

Tendo em vista estas observações, é proposto nesta pesquisa extensões para o estado-da-arte dos modelos de negociação. Além disso, propõe-se também um modelo para dar suporte à tomada de decisão durante a negociação. Partindo de uma visão holística da empresa, este modelo de decisão considera a influência das informações no ambiente externo no processo de negociação. A partir destes modelos, é também proposta uma plataforma para negociação automatizada voltada para a empresa.

Abstract

The Internet brought new paradigms to people, for instance, the possibility to perform commercial transactions using the available communication and information technologies. In this way, many research solutions have arisen to encompass the diverse phases that compound commercial transactions for Internet systems. A particular phase present in determined contexts is negotiation, which is the focus of this work.

The first proposals on automated negotiation have used agent technology to represent buyer and seller in the negotiation. These researches have generated models that have determined how the interaction between the negotiator agents is, the definition of a set of preferences for negotiation and the decision making of the agents based on these preferences. In an enterprise perspective, automated negotiation taking in consideration only a fixed and predefined set preferences has no resemblance with the real world.

Based on the above, this research proposes extensions for the state-of-the-art in negotiation models. Besides this, a model for support the decision making during the negotiation is also proposed. Departing from a holistic vision of the enterprise, the decision model considers the influence of the external environment information in the negotiation process. From these models, a platform for enterprise-oriented automated negotiation is also proposed.

Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Objetivos e Relevância.....	2
1.2	Estrutura desta dissertação.....	3
2	Comércio Eletrônico e Sistemas Multi-Agentes.....	5
2.1	Comércio Eletrônico.....	5
2.1.1	Modalidades de comércio eletrônico.....	7
2.1.2	Etapas para efetivação de transações no Comércio B2C.....	8
2.1.3	O processo de Negociação.....	10
2.2	Agentes e Sistemas Multi-Agentes.....	11
2.3	Comércio Eletrônico Mediado por Agentes.....	14
2.3.1	Identificação das Necessidades.....	14
2.3.2	Seleção do Produto.....	15
2.3.3	Formação de Coalizão.....	16
2.3.4	Seleção do Vendedor.....	16
2.3.5	Negociação.....	17
2.4	Discussão.....	17
3	Negociação em Comércio Eletrônico.....	19
3.1	Negociação - definição.....	19
3.2	Negociação Competitiva vs. Negociação Cooperativa.....	20
3.2.1	Negociação Competitiva.....	21
3.2.2	Negociação Cooperativa.....	22
3.3	Modelagem da Negociação.....	23
3.3.1	Propriedades desejadas.....	24
3.4	Abordagens em Negociação Automatizada.....	25

3.4.1	Teoria dos Jogos.....	26
3.4.2	Abordagens Heurísticas.....	27
3.4.3	Discussão sobre os trabalhos relacionados com a abordagem heurística	33
3.5	Discussão	35
4	Proposta de Solução para Negociação Automatizada: Foco na Empresa.....	37
4.1	Abordagem proposta para Negociação Automatizada	37
4.2	Modelo de Negociação	39
4.2.1	Protocolo de Negociação	39
4.2.2	Modelagem do objeto negociado.....	42
4.2.3	Tomada de Decisão	45
4.3	Modelo de Suporte à Tomada de Decisão.....	52
4.3.1	Visão geral	52
4.3.2	Definição do Modelo de Decisão	55
4.4	Discussão	61
5	Plataforma Multi-Agente para Negociação Automatizada	63
5.1	Visão geral.....	63
5.2	Metodologia de desenvolvimento	64
5.2.1	COMPOR	64
5.3	Análise	67
5.4	Projeto	69
5.5	Componentes Funcionais dos Agentes e Aspectos de suas Implementações.....	75
5.5.1	Componente de Comunicação RMI.....	76
5.5.2	Componente Social.....	76
5.5.3	Componente de Interação	77
5.5.4	Componente de Negociação	78
5.5.5	Componente de Consulta	78

5.5.6	Componente de Monitoramento	79
5.5.7	Componente de Análise	79
5.5.8	Componente de Inferência	80
5.5.9	Componente de Mediação	80
5.6	Ontologia e Base de Regras.....	80
5.7	Discussão	82
6	Estudo de caso: Turismo pela Internet.....	83
6.1	Descrição do Estudo de caso.....	83
6.2	Criação das organizações de agentes de suporte.....	85
6.2.1	A ontologia.....	85
6.2.2	As organizações de agentes de suporte.....	87
6.2.3	Agentes de Monitoramento	88
6.2.4	Agentes de suporte e a base de conhecimento sobre a negociação de produtos.....	91
6.3	Ilustração de funcionamento do sistema.....	92
6.3.1	Cenário Ilustrativo 1	92
6.3.2	Cenário Ilustrativo 2	96
6.4	Avaliação do Sistema.....	99
6.4.1	Análise, projeto e desenvolvimento da plataforma multi-agente	99
6.4.2	Estudo de caso no domínio do turismo	100
6.5	Discussão	102
7	Considerações Finais	104
7.1	Resultados Alcançados.....	104
7.2	Trabalhos Futuros	106
	Referências Bibliográficas	108

Índice de Figuras

Figura 1 – Modalidades de Comércio Eletrônico	8
Figura 2 – Modelo <i>CBB</i>	10
Figura 3 – Negociação consumidor – vendedor (empresa).....	11
Figura 4 – Agente interagindo com o ambiente.....	12
Figura 5 – Espaço de acordos na negociação	20
Figura 6 – Dinâmica da utilidade dos mecanismos.....	31
Figura 7 – Soluções para a problemática da negociação automatizada.....	38
Figura 8 – Protocolo de Negociação.....	41
Figura 9 – Protocolo de Renegociação de Produtos	42
Figura 10 – Funções de Avaliação.....	48
Figura 11 – Exemplo de avaliação de uma proposta.....	49
Figura 12 – Funções Polinomial e Exponencial.....	52
Figura 13 – Exemplo de relacionamentos da empresa com seu ambiente.....	54
Figura 14 – Relacionamentos do Agente Negociador.....	56
Figura 15 – Ciclo de desenvolvimento da metodologia COMPOR.....	65
Figura 16 – Diagrama de habilidades no contexto de negociação.....	69
Figura 17 – Diagrama de habilidades no contexto de suporte à decisão.....	69
Figura 18 – Diagrama de organização relativo à organização de negociação	70
Figura 19 – Diagrama de organização relativo à organização de suporte à decisão.....	72
Figura 20 – Diagrama de Agentes	74
Figura 21 – Arquitetura do Sistema Multi-Agente.....	75
Figura 22 – Protocolo de Interação.....	77
Figura 23 – relacionamentos entre Agência de Turismo × Ambiente.....	84
Figura 24 – Exemplo de ontologia utilizada no protótipo.....	86

Figura 25 – Cenário ilustrativo do funcionamento do sistema (1)	93
Figura 26 – Cenário ilustrativo do funcionamento do sistema (2)	97

Índice de Abreviaturas e Siglas

ACL – *Agent-Communication Language*, linguagem de comunicação de agentes

API – *Application Programming Interface*, interface de programação para aplicações

B2B – *Business to Business*

B2C – *Business to Consumer*

BD – Banco de Dados

C2C – *Consumer to Consumer*

CBB – *Consumer Behaviour Buying*, modelo do comportamento do consumidor em compras

CLIPS – *“C” Language Integrated Production System*, sistema de produção integrado à linguagem “C”

CORBA – *Common Object Request Broker Architecture*, arquitetura comum para agente de requisição de objetos

CRM – *Customer Relationship Management*, gerenciamento do relacionamento com o consumidor

EDI – *Electronic Data Interchange*, intercâmbio eletrônico de dados

Jess – *Java Expert System Shell*, ambiente de sistemas especialistas em Java

IAD – Inteligência Artificial Distribuída.

RBC – Raciocínio Baseado em Casos

RMI – *Remote Method Invocation*, invocação remota de métodos

SMA – Sistema Multi-Agente

Capítulo 1

Introdução

A Internet trouxe um novo mundo de opções para as pessoas como, por exemplo, a possibilidade de realizar transações comerciais sem precisar sair de casa ou da empresa. Atualmente os consumidores já podem decidir que produto comprar através da Internet, identificar os vendedores que oferecem as melhores condições de compra, efetuar o pagamento, dentre outras facilidades. Enquanto isso, os vendedores podem expor seus produtos a um mercado de consumidores maior, interagir com os mesmos a fim de efetivar transações, buscar novos parceiros de negócio, além de várias outras possibilidades.

O comércio eletrônico pode ser definido como as transações comerciais que utilizam tecnologia da informação como apoio na efetivação de tais transações (He, Jennings *et al.*, 2003). A partir das etapas que compõem uma transação comercial no mundo real, soluções baseadas em tecnologia da informação foram geradas para que estas etapas também pudessem existir e fossem facilmente transpostas no comércio eletrônico. Uma etapa particular envolvida em determinados contextos das transações comerciais é a negociação. Nesta etapa, os participantes interagem com o objetivo de alcançar melhores condições para concretização da transação. O resultado final da negociação, em caso de sucesso, é a definição dos termos da transação, ou seja, um acordo entre as partes (vendedor e comprador) que definem as condições segundo as quais a transação será efetivada. Por exemplo, uma definição sobre atributos tais como: preço de compra e venda, tempo de entrega, forma de pagamento, opções de financiamento, embalagem para presente, outros serviços com valor agregado, etc.

Um dos modelos de comércio existente é aquele praticado entre empresas e pessoas físicas, chamado comércio *B2C* (*Business to Consumer*). Neste modelo de comércio, a etapa de negociação também pode estar presente e propostas de soluções baseadas em tecnologia da informação têm sido apresentadas para que a negociação possa acontecer de forma automatizada (Cardoso, 1999; Faratin, 2000; Paula, 2001; Lin, 2003). Estas pesquisas abordam na sua maioria o modelo de negociação e os aspectos relativos a este modelo, os quais incluem: (a) como modelar o objeto negociado; (b) quais as regras para interação entre os agentes negociadores; (c) como se dará a tomada de decisão dos agentes segundo um conjunto de preferências para negociação.

Esta pesquisa busca tratar a negociação automatizada através das questões (a, b e c), de forma a oferecer uma solução que traga avanços significativos comparados às pesquisas apresentadas até o momento. Portanto, estes avanços dizem respeito à modelagem do objeto negociado, à interação entre os agentes negociadores e à tomada de decisão destes agentes.

Além disso, busca-se também identificar outras questões, além do modelo de negociação, que sejam relevantes para o provimento de uma melhor solução para negociação automatizada. Desta forma, oferecer um suporte de decisão aos agentes negociadores se mostra interessante, pois isto implica em tentar melhorar a tomada de decisão destes agentes a fim de obter melhores resultados na negociação automatizada.

Neste sentido, procurou-se também prover um suporte de decisão para os agentes negociadores no lado da empresa, de forma a considerar as informações que estão presentes no ambiente da empresa e identificar como estas informações podem influenciar nas negociações. Esta visão sugere uma negociação mais próxima daquela praticada no comércio tradicional, de forma que as informações para tomada de decisão na negociação não são estáticas, mas refletem as relações entre a empresa e o seu ambiente. De fato, a empresa está inserida num ambiente dinâmico, participando de diversas relações com entidades externas (consumidores, parceiros de negócio, fornecedores, etc.) e é natural que as informações para sua tomada de decisão na negociação mudem em decorrência dos seus relacionamentos.

O relacionamento empresa-cliente, mediante uma efetiva estratégia de CRM¹, é um bom exemplo de como a empresa pode se valer dessas informações para obter bons resultados com a negociação. Por exemplo, ter uma classificação dos consumidores conforme os lucros gerados para a empresa (*alto, regular, baixo*), pode levar a empresa a tomar decisões diferentes durante a negociação (*deve-se ou não oferecer um desconto?*).

1.1 Objetivos e Relevância

O objetivo geral da pesquisa descrita nesta dissertação é lidar com o problema da negociação automatizada, provendo um modelo de negociação para apoiar os agentes negociadores e, particularmente, levando em consideração informações do ambiente externo da empresa para dar suporte às decisões dos seus agentes negociadores. Especificamente, propõem-se:

¹ Gerenciamento do relacionamento com o consumidor, do inglês *Customer Relationship Management*.

- Apresentar, como um primeiro objetivo específico, um modelo de negociação que contemple as principais características das negociações do mundo real. Desta forma, além de incorporar as principais características já apresentadas em trabalhos relacionados, busca-se também identificar novas características que enriqueçam a negociação automatizada.
- Levar em consideração, como um segundo objetivo específico, as informações presentes no ambiente da empresa e, conseqüentemente, oferecer um melhor suporte na tomada de decisão durante a negociação. Portanto, faz-se necessário apresentar um modelo de suporte à tomada de decisão onde a empresa possa mapear o seu conhecimento sobre a negociação de produtos em estratégias que possam ser utilizadas durante a negociação.
- Apresentar, como um terceiro objetivo específico, um modelo de sistema multi-agente que contemple a negociação automatizada de produtos e também o suporte à tomada de decisão durante a negociação. Este modelo de sistema multi-agente deve implementar os modelos de negociação e suporte à tomada de decisão apresentados.

Diversas soluções já foram apresentadas para ajudar o consumidor na tarefa de comprar produtos eletronicamente, entretanto, até agora não existe uma solução para a negociação automatizada que seja utilizada em aplicações reais. Neste sentido, esta pesquisa se faz importante porque busca contribuir com apontamentos para uma solução efetiva para negociação automatizada.

Os avanços propostos em termos da negociação automatizada dizem respeito principalmente à tomada de decisão dos agentes negociadores, mas melhoramentos significativos em termos do modelo de negociação também são apresentados nesta dissertação. Portanto, os modelos de negociação e suporte à tomada de decisão visam contribuir para uma negociação mais próxima daquela praticada no mundo real, cujos resultados sejam revertidos tanto em satisfação para a empresa quanto para os consumidores.

1.2 Estrutura desta dissertação

Além do presente capítulo introdutório, esta dissertação está organizada conforme descrito nos parágrafos seguintes.

No Capítulo 2 é discutido o contexto no qual esta pesquisa está inserida, abordando os temas *comércio eletrônico* e *sistemas multi-agentes*. O objetivo é situar esta pesquisa dentro do contexto

do comércio eletrônico, assim como destacar a importância da abordagem multi-agente para tratar os problemas relativos ao comércio eletrônico, onde a negociação automatizada está inserida.

No capítulo 3 são abordadas as questões relativas à *negociação automatizada*, desde a conceituação deste tema até os fundamentos necessários para se obter a negociação automatizada. A discussão é ampliada com a análise das principais abordagens para negociação automatizada, a abordagem da *teoria dos jogos* e a abordagem *heurística*, onde alguns trabalhos baseados nesta última são tratados com mais detalhes. Com isto, busca-se descrever a evolução das propostas de soluções para negociação automatizada, assim como destacar os principais problemas e/ou méritos apresentados por estes trabalhos.

No Capítulo 4 é apresentada a proposta de solução para o problema da negociação automatizada. Esta proposta de solução está dividida em duas partes, a primeira diz respeito ao *modelo de negociação* utilizado e a segunda diz respeito a um *modelo de tomada de decisão* para apoiar os agentes negociadores no lado da empresa.

No Capítulo 5 é introduzida uma *plataforma baseada em sistema multi-agente*, a qual leva em conta o modelo de negociação e o modelo de suporte à tomada de decisão definidos no capítulo 4, para prover a negociação automatizada.

No Capítulo 6 é apresentado um estudo de caso, cujo principal objetivo é mostrar como uma empresa configura a plataforma apresentada no Capítulo 5, e como se dá o funcionamento de tal plataforma.

Por fim, no Capítulo 7, são apresentadas as considerações finais sobre a pesquisa, destacando os resultados alcançados. A partir destes resultados, são discutidos também possíveis trabalhos futuros que podem ser realizados para o aprimoramento deste trabalho e da negociação automatizada.

Capítulo 2

Comércio Eletrônico e Sistemas Multi-Agentes

Neste capítulo é descrito o contexto no qual esta pesquisa está inserida, ou seja, como a negociação está inserida no comércio eletrônico, quais as motivações para se ter a negociação automatizada e como a tecnologia de agentes se mostra adequada, tanto para o problema da negociação automatizada como para outros problemas no comércio eletrônico.

Portanto, na Seção 2.1 são abordadas questões relativas ao comércio eletrônico, mas como o tema é muito amplo, a discussão é direcionada para as transações comerciais entre empresas e consumidores. Em seguida, na Seção 2.2 é discutida a tecnologia de agentes e sistemas multi-agentes. A utilização de tal tecnologia no comércio eletrônico é tratada na Seção 2.3. Por fim, são apresentadas as considerações finais do capítulo na Seção 2.4.

2.1 Comércio Eletrônico

A liberação do uso da Internet para fins não acadêmicos ou militares trouxe um novo paradigma para o comércio. Empresas e consumidores puderam então se valer das características da Internet e dos recursos disponíveis na mesma, para buscar, facilitar e consolidar as transações comerciais. Neste novo paradigma, as principais mudanças que a Internet oferece para o comércio são a ampliação do mercado e a diminuição dos custos das operações (Meira Júnior, Murta *et al.*, 2002).

A ampliação do mercado se deve a uma característica inerente à Internet, que é a facilidade de acesso às informações, apesar das barreiras geográficas. Tanto empresas quanto consumidores podem ampliar sua participação no mercado, seja a empresa interagindo com mais parceiros de negócios ou com mais consumidores, seja os consumidores interagindo com mais empresas. Isto é consequência da disponibilidade das informações, assim como do suporte à busca de tais informações, de forma que os parceiros de negócios podem se encontrar e realizar transações comerciais.

A Internet também pode influenciar na diminuição dos custos das operações. Com a facilidade para obter informações, assim como o menor custo para obtê-las, as empresas podem

procurar novos parceiros de negócio, podem agilizar os processos de negócio, ou mesmo se valer de outros recursos da tecnologia da informação aliada com a Internet, para que o custo do produto possa diminuir.

A facilidade para obtenção de informações, tanto para consumidores quanto para empresas, também aumenta a visibilidade das empresas. Com isto, as empresas precisam inserir diferenciais para que possam se sobressair em relação à concorrência. Por exemplo, as informações disponíveis sobre os clientes (consumidores ou outras empresas) podem ser utilizadas para que as transações sejam personalizadas (propagandas, informações, condições de compra, produtos, etc.); pode-se permitir a negociação dos termos da compra; oferecer um melhor suporte pós-venda que os correntes.

O comércio eletrônico pode ser caracterizado pela utilização das tecnologias da informação e comunicação para condução das transações comerciais (Westland e Clark, 1999). Diversas atividades que contribuem para a condução e efetivação de uma transação também se valem dos recursos da tecnologia da informação em conjunto com a Internet para a sua execução, como, por exemplo, a busca de produtos, identificação de fornecedores, elaboração de pedidos, efetivação do pagamento, dentre outras. Apesar disso, este novo paradigma para realização das atividades mostra apenas transformação dentro da empresa. Benefícios maiores também podem ser alcançados com a integração da cadeia produtiva, de tal forma que as ofertas e demandas de uma empresa possam ser atendidas com mais agilidade, possibilitando a redução de custos.

A primeira iniciativa para a utilização de tecnologia para o intercâmbio de informações aconteceu na década de 70, onde bancos utilizavam redes privadas para a realização das transações comerciais. Mais tarde, na década de 80, um sistema francês chamado Minitel, através de linhas telefônicas, permitiu a transferência de textos entre consumidores e empresas, possibilitando a compra e venda de produtos. Em seguida, foi criado o padrão EDI² para a troca segura e padronizada de informações e documentos, o qual pode ser considerado como o marco inicial do comércio eletrônico (Santos, 2000). Portanto, um conceito mais preciso sobre comércio eletrônico é a troca de informações através de meios eletrônicos para facilitar e realizar transações comerciais. Desta forma, o comércio praticado com a Internet pode ser visto como melhoramento deste tipo de comércio eletrônico (Meira Júnior, Murta *et al.*, 2002).

² *Electronic Data Interchange*

2.1.1 Modalidades de comércio eletrônico

O comércio eletrônico pode ser classificado segundo as relações entre as entidades participantes das transações comerciais. Neste sentido, as seguintes modalidades de comércio eletrônico podem ser distinguidas (Turban, Lee *et al.*, 1999; Santos, 2000):

- ***Business-to-Consumer (B2C)*** – envolve as transações comerciais realizadas entre empresas e consumidores. Esta modalidade de comércio refere-se principalmente às transações a varejo *on-line*, onde o consumidor acessa o sítio³ da empresa para realizar a compra. As aplicações para o comércio B2C devem ser capazes de prover o suporte para o consumidor encontrar produtos desejados, efetuar pagamentos, dentre outras opções;
- ***Business-to-Business (B2B)*** – envolve as transações comerciais realizadas entre as empresas. Nesta modalidade de comércio eletrônico ocorre a interação entre uma empresa e os demais membros que compõem a cadeia de valor⁴ que ela participa. As aplicações para o comércio B2B devem permitir que os parceiros comerciais possam se encontrar, trocar informações e pedidos, formar o contrato, efetuar pagamento, dentre outras opções;
- ***Consumer-to-Consumer (C2C)*** – transações comerciais realizadas entre consumidores (pessoa física). Nesta modalidade de comércio eletrônico estão incluídos os classificados e leilões, onde as pessoas físicas expõem seus produtos e serviços para outras pessoas físicas;
- ***Nonbusiness*** – outros tipos de organizações não lucrativas que utilizam os vários tipos de comércio eletrônico para reduzir os custos operacionais. As tecnologias de comércio eletrônico permitem que as organizações possam interagir com empresas e pessoas físicas, de forma que estes podem oferecer seus produtos e serviços às organizações;
- ***Intrabusiness*** – envolve as atividades internas às empresas, como a troca de serviços, mercadorias e informações. Seu objetivo é a integração de tais funções de forma a

³ Nesta dissertação a palavra sítio será utilizada para designar uma localização na *web*. A palavra inglesa *site* também é comumente utilizada para fazer esta designação.

⁴ Rede com todas as empresas (fornecedores, fábricas, distribuidores, varejistas, etc.) que participam de diversas etapas para produção de um produto, desde a extração da matéria prima, até a venda do produto final ao consumidor.

facilitar o processo de negócio por meio de *Intranets*⁵. As aplicações nesta categoria incluem o gerenciamento de comunicações entre os funcionários, videoconferências e boletins, treinamento na especificação de produtos e realização de tarefas, tudo isto dentro do contexto de negócio da empresa.

A Figura 1 ilustra as várias modalidades de comércio eletrônico.

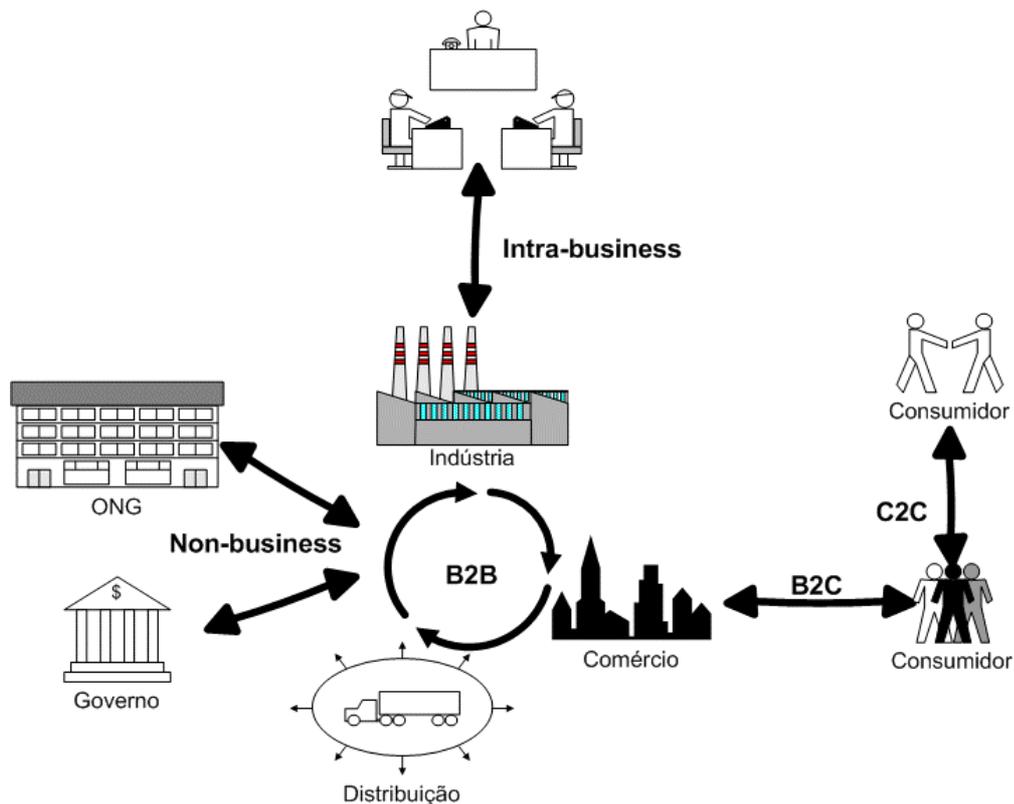


Figura 1 – Modalidades de Comércio Eletrônico

2.1.2 Etapas para efetivação de transações no Comércio B2C

Ao adquirir um produto, um consumidor lida com diversas etapas até efetivar uma transação. Estas etapas indicam as ações e decisões praticadas por consumidores até a conclusão de uma transação. Por exemplo, identificar o produto a ser comprado, identificar o vendedor a quem comprar, efetivar a compra. No comércio eletrônico, essas etapas são as mesmas do comércio tradicional, tendo as tecnologias da informação e comunicação como facilitadoras para execução dessas tarefas.

⁵ Sistema que fornece serviço de comunicação de computadores dentro de uma empresa ou organização. Engloba tanto as redes locais, como redes com computadores que se ligam entre si através de linhas telefônicas.

De uma forma geral, para efetivar uma transação comercial nas modalidades de comércio apresentadas na Subseção 2.1.1, um conjunto de etapas precisam ser transpostas. Entretanto, esta pesquisa está relacionada com as transações no comércio B2C, por isso, somente as etapas referentes a este modelo de comércio serão abordadas nesta subseção.

O modelo CBB (*Consumer Behaviour Buying*) (Maes, Guttman *et al.*, 1999; He, Jennings *et al.*, 2003), ilustrado na Figura 2, caracteriza as seguintes etapas no comércio B2C:

- **Identificação das Necessidades** – é o consumidor ter o interesse despertado em comprar algum produto, seja por necessidade ou por estímulo. Esta etapa pode ser caracterizada, por exemplo, pelo simples desejo de comprar algum produto ou devido a propagandas sobre o mesmo;
- **Seleção do Produto** – após identificar as necessidades, o consumidor coleta informações para ajudá-lo a decidir o que comprar. Nesta etapa o consumidor avalia alternativas de produtos segundo critérios próprios, sendo o resultado um produto ou conjunto de produtos que o consumidor considera para comprar. Por exemplo, se a necessidade indica que ele precisa comprar uma máquina fotográfica, diferentes alternativas serão pesquisadas, como filmadoras, câmeras digitais, câmeras simples, etc., até achar os produtos específicos que se encaixam nas suas necessidades;
- **Formação de Coalizão** – após identificar o produto a ser comprado, os consumidores podem ir diretamente para a etapa de *seleção do vendedor* (ver abaixo), ou podem interagir com outros consumidores que desejam comprar produtos similares a fim de formar uma coalizão. A coalizão é uma tentativa de fazer um pedido maior e com isso, obter mais vantagens nos termos da negociação, como um desconto, por exemplo;
- **Seleção do Vendedor** – após ter decidido o que comprar e possivelmente ter formado uma coalizão, nesta etapa o consumidor combina as informações sobre os produtos, com informações específicas do vendedor para decidir de quem comprar. O consumidor avalia alternativas diferentes baseado em critérios como preço, garantia, disponibilidade, tempo de entrega, reputação, etc.;
- **Negociação** – após ter determinado o vendedor, o próximo passo é negociar os termos e condições pelos quais o produto será adquirido. É através desta etapa que se pode barganhar pelo produto em questão, procurando melhores condições de compra;

- **Encomenda e Entrega** – após determinar os termos e condições da transação, a etapa de *encomenda e entrega* encerra o processo de negociação, chegando ambas as partes a um acordo. Em alguns outros casos, as opções de pagamento disponíveis ou as opções de entrega podem influenciar na compra do produto, estendendo a negociação até esta etapa;
- **Serviços e Avaliação** – esta etapa pós-compra envolve os serviços prestados ao cliente e satisfação deste com o produto e com todo o processo de compra.

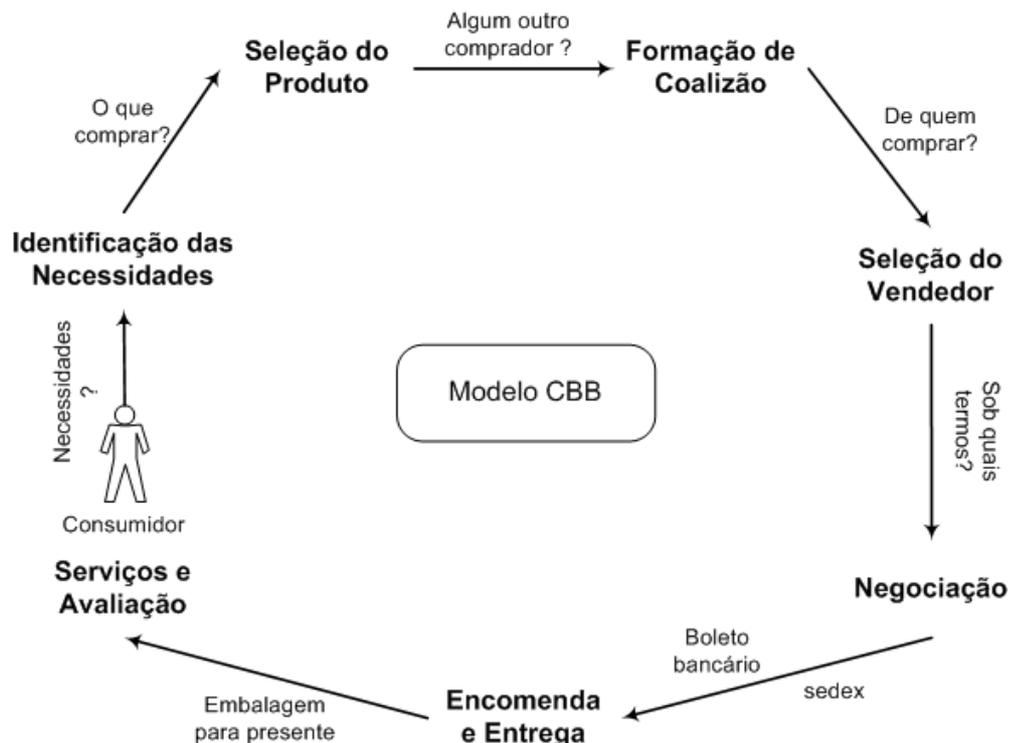


Figura 2 – Modelo *CBB*

Apesar de sete etapas terem sido definidas, às vezes, nem todas precisam estar presentes ao realizar uma transação. Por exemplo, o consumidor pode não estar interessado em formar uma coalizão com outros consumidores, portanto, ignorando esta etapa.

2.1.3 O processo de Negociação

A negociação está relacionada com a situação onde o consumidor vai comprar um produto, levando em consideração algumas informações básicas para negociá-lo com o vendedor. Isto envolve parâmetros como suas necessidades, critérios e preferências, que direcionam suas decisões no processo de negociação. Da mesma forma, o vendedor que negocia em favor de uma empresa tem suas informações específicas como regras de preços e venda, catálogos de

informação, etc., as quais direcionam sua tomada de decisão na negociação. A Figura 3 ilustra esta situação.

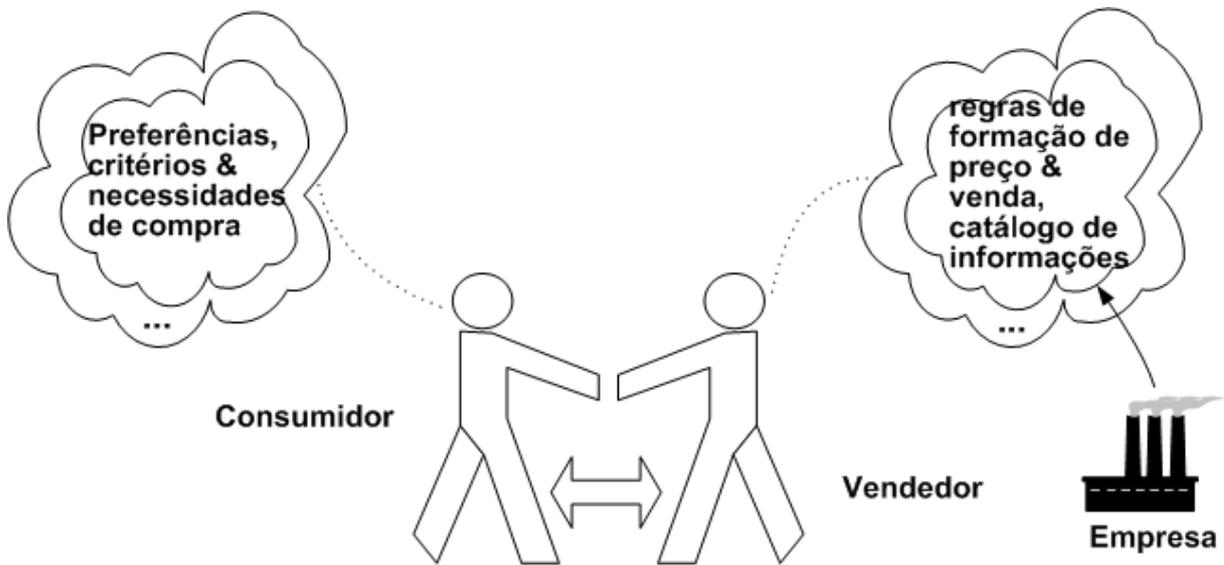


Figura 3 – Negociação consumidor – vendedor (empresa)

As informações que consumidores e vendedores trazem para negociação são utilizadas na tomada de decisão e definem suas soluções individuais para este problema. O objetivo com a negociação é, então, achar uma solução comum para os seus participantes. Como as informações disponíveis aos participantes da negociação são limitadas, isto é, cada parte conhece somente as informações sobre si mesmo e um pouco sobre a contraparte, a forma de chegar a um acordo é a troca de informações. Desta forma, é possível conhecer um pouco mais sobre a contraparte e como consequência relaxar os critérios, restrições e preferências para a negociação, objetivando, portanto, alcançar um acordo mutuamente aceitável.

2.2 Agentes e Sistemas Multi-Agentes

Um *agente* é qualquer entidade que pode ser vista como *percebendo* um ambiente por meio de *sensores* e atuando no mesmo por meio de *atuadores* (Russell e Norvig, 1995). Um agente humano tem olhos, ouvidos e outros órgãos como sensores; mãos, pés e outras partes do corpo como atuadores. Um agente robótico pode ter câmeras e infravermelho como seus sensores e vários motores como seus atuadores. Um agente de software tem suas percepções e ações codificadas em cadeias de bits. A Figura 4 ilustra um modelo genérico de agente (Russell e Norvig, 1995).

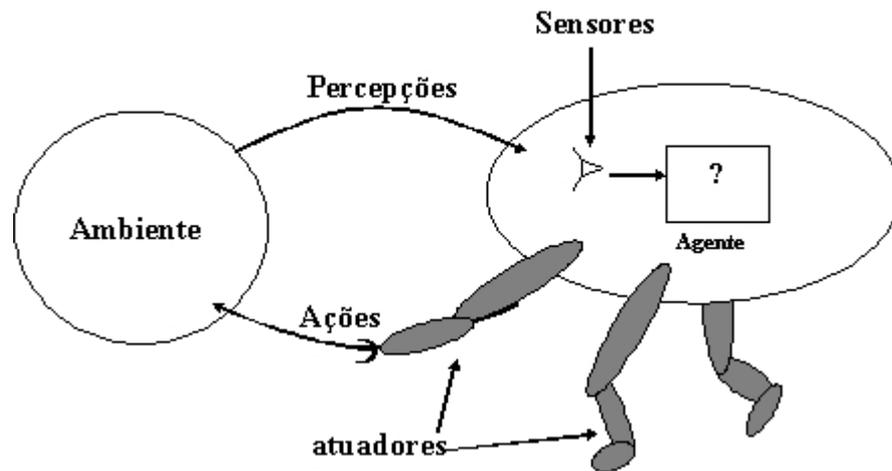


Figura 4 – Agente interagindo com o ambiente

A tecnologia de agentes surgiu na disciplina de Inteligência Artificial Distribuída (IAD) e tem como objetivo tratar problemas complexos, cujo controle, dados ou conhecimento está distribuído entre entidades que resolvem problemas, os agentes. Eles apresentam quatro características fundamentais (Jennings e Wooldridge, 2000):

- **autonomia** – capacidade de operar sem a intervenção de humanos ou outros agentes, e que possui um certo controle sobre suas ações e seu estado interno;
- **habilidade social** – capacidade de interagir com outros agentes e possivelmente humanos, via alguma linguagem de comunicação de agentes (ACL, do inglês *Agent-Communication Language*) (Labrou, Finin *et al.*, 1999; Kone, Shimazu *et al.*, 2000).
- **reatividade** – capacidade de perceber seu ambiente e responder às mudanças que ocorrem neste ambiente;
- **pró-atividade** – além de responder às mudanças no ambiente, agentes também podem exibir um comportamento direcionado a metas tomando a iniciativa.

Um agente pode então ser visto como uma entidade que resolve problemas através da suas características de reatividade e pró-atividade, que pode se valer de sua habilidade social para interagir com outros agentes na busca das soluções, e que possui controle completo sobre suas ações de resolver problemas e interação.

Em muitos casos, agentes são utilizados de forma separada para resolver problemas, entretanto, há casos onde um sistema é constituído de vários agentes para lidar com problemas complexos. Um sistema multi-agente pode ser definido como um conjunto de agentes que possuem suas capacidades de resolver problemas e que interagem, coordenando suas ações e/ou

cooperando, de forma a alcançar objetivos globais (Oliveira, 1999). A habilidade social é, portanto, uma forma dos agentes perceberem outras entidades solucionadoras de problemas no ambiente e de atuarem através da comunicação com essas entidades para resolver problemas.

Agentes e sistemas multi-agentes têm sido utilizados no projeto e implementação de uma diversidade de aplicações com alguma complexidade inerente, onde as soluções apresentam os paradigmas de:

- **distribuição** – o conhecimento e os dados para resolução dos problemas estão distribuídos entre os agentes;
- **descentralização** – não há um ponto de controle único no sistema, mas ele está distribuído entre os diversos agentes;
- **interação flexível** – os agentes decidem por si só com quem devem interagir;
- **sistema aberto** (*openness*) – agentes podem deixar o sistema quando não forem mais necessários, enquanto outros podem ser inseridos para atender novas demandas;
- **adaptação** – os agentes e o sistema se adaptam às alterações do ambiente para continuarem executando corretamente.

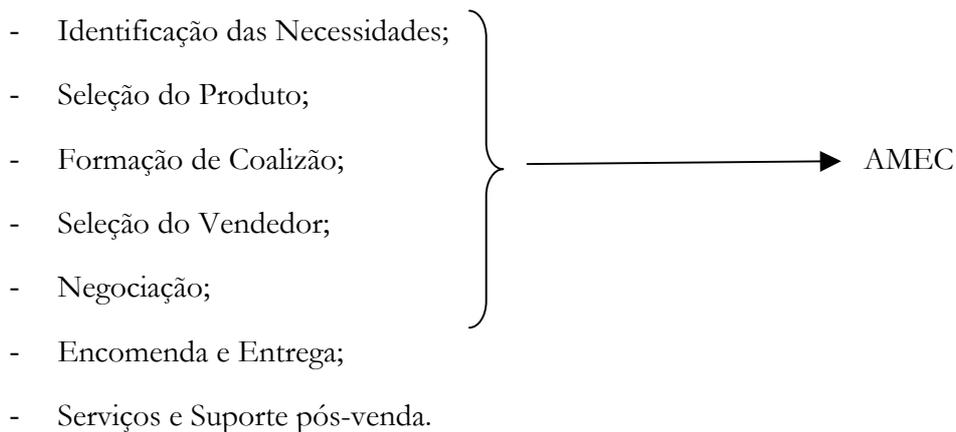
O comércio eletrônico é um dos domínios de aplicações onde a tecnologia de agentes pode ser aplicada, por exemplo, no comércio B2C os dados e o conhecimento para realização das transações comerciais estão distribuídos entre o consumidor e a empresa (distribuição e descentralização); os consumidores devem interagir com diversas empresas para escolher com quem deve concretizar uma transação (interação flexível); novos consumidores e novas empresas surgem a todo o momento e devem ser capazes de interagir com os antigos, enquanto existem outros consumidores e empresas deixam de participar dessa interação (sistema aberto); consumidores e empresas precisam se adaptar às mudanças no seu ambiente (mudanças nos consumidores, nas empresas, no mercado financeiro, nos parceiros comerciais, etc.) para obter bons resultados em suas transações.

O comércio eletrônico também apresenta diversos problemas com uma certa complexidade inerente, que justifica a utilização da abordagem de agentes. Por exemplo, a tomada de decisão em uma empresa, seja ela para negociar um produto com um consumidor ou escolher um novo parceiro de negócios, não é um problema trivial. Esta tomada de decisão pode envolver o conhecimento de diversas áreas dentro da empresa (o setor de estoque, financeiro, marketing, etc.), como pode ser influenciado por fatores externos (como o mercado financeiro, os fornecedores, etc.).

A abordagem multi-agente para resolver problemas complexos é ter diversos agentes monitorando pequenas partes do ambiente, com capacidade para resolver os problemas referentes às partes monitoradas. Estes agentes são entidades simples, que resolvem pequenos problemas. Ao surgir um problema maior, onde nenhum agente tem a capacidade de resolvê-lo sozinho, este problema é dividido em subproblemas e cada agente resolve o subproblema que tenha capacidade. Desta forma, a solução geral do problema surge como fruto das soluções de cada subproblema.

2.3 Comércio Eletrônico Mediado por Agentes

Como identificado na Seção 2.1.2, existem algumas etapas a serem transpostas a fim de realizar-se uma transação comercial no comércio B2C, e a tecnologia de agentes se mostra plausível para tal utilização. Baseado em (Maes, Guttman *et al.*, 1999; He, Jennings *et al.*, 2003) pode-se identificar o comércio eletrônico mediado por agentes (do termo inglês *agent-mediated electronic commerce - AMEC*) nas seguintes etapas:



2.3.1 Identificação das Necessidades

Nesta etapa, o consumidor deve reconhecer a necessidade de algum produto ou serviço. Isto significa que a necessidade pode ser estimulada de diferentes formas como, por exemplo, por uma propaganda, por um amigo, pela falta de algum produto essencial e assim por diante. No comércio eletrônico isto pode ser feito utilizando agentes que notificam o usuário sobre produtos que lhe interessam. Baseado em um perfil do usuário, os agentes podem notificá-lo sobre algum produto ou serviço, ou seja, quando o perfil do usuário combina com algum produto ou serviço

disponível. Por exemplo, na *Amazon*⁶ os melhores produtos nas categorias que o usuário está interessado são oferecidos ao usuário.

2.3.2 Seleção do Produto

Após identificar a necessidade de comprar algum produto, a etapa de seleção do produto envolve determinar que produto satisfaça as necessidades do usuário. Nesta etapa diversas técnicas podem ser utilizadas para os agentes sugerirem produtos aos consumidores: **filtros baseados em características**, **filtros baseados em restrições** e **filtros colaborativos**.

Com os filtros baseados em características, o usuário define através de palavras-chaves as características que lhe interessam em um produto. Por exemplo, se o usuário está procurando uma máquina fotográfica digital as palavras-chaves poderiam ser a marca (*canon*) e a resolução (*2 Mega Pixels*). Desta forma, todos os produtos que se encaixassem nessas características seriam retornados. Além da *Amazon*, a maioria dos sítios que vende produtos oferece a busca baseada nas características.

Com os filtros baseados em restrições, o usuário especifica restrições para identificar os produtos que atendem suas necessidades. Por exemplo, na compra da máquina fotográfica digital do exemplo anterior, o usuário poderia definir como restrições o intervalo de preço da máquina (entre R\$ 800 e R\$ 1200) e o tempo de entrega (*5 dias úteis*). Yahoo Shopping⁷, BuscaPê⁸ e Bondfaro⁹ oferecem tanto a busca baseada em características, como baseada nas restrições.

Filtros colaborativos dizem respeito à sugestão de produtos baseado na similaridade de diversos perfis de usuário. Os usuários classificam os produtos que adquirem e aqueles usuários com produtos e classificações similares estão em uma vizinhança próxima de gostos e preferências. Desta forma, o perfil do usuário que receberá uma sugestão é comparado com todos os outros perfis a fim de identificar a vizinhança mais próxima. Visto que as preferências são semelhantes, é sugerido, portanto, aqueles produtos que tenham alta classificação na classificação da vizinhança, mas que ainda não foram adquiridos. No sítio CDNOW¹⁰, os usuários são notificados sobre CDs ou filmes que são populares entre outros usuários com preferências similares.

⁶ <http://www.amazon.com>

⁷ <http://shopping.yahoo.com>

⁸ <http://www.buscape.com.br>

⁹ <http://www.bondfaro.com.br>

¹⁰ <http://www.cdnw.com>

2.3.3 Formação de Coalizão

Após identificar o produto a ser comprado, os consumidores podem ir diretamente para a etapa de seleção do vendedor (ver Seção 2.3.4), ou podem interagir com outros consumidores que desejam comprar produtos similares, objetivando formar uma coalizão. A coalizão é vista aqui como um grupo de agentes que cooperam a fim de alcançarem um objetivo comum (Shehory e Kraus, 1998). Desta forma, uma coalizão de consumidores é formada por diversos agentes, cada um representando um consumidor, cujo objetivo é poder agrupar um pedido maior e com isso, obter mais vantagens nos termos da negociação, como um desconto. (Yamamoto e Sycara, 2001), por exemplo, propõe uma formação de coalizão de compradores, onde estes escolhem vários itens em uma categoria e os classifica, e o agente líder é responsável por dividir o grupo em coalizões. Para uma discussão mais ampla do tema, ver (Yamamoto e Sycara, 2001).

2.3.4 Seleção do Vendedor

Após ter decidido o que comprar e possivelmente ter formado uma coalizão, nesta etapa combina-se as informações sobre os produtos e as informações específicas do vendedor para decidir de quem comprar. Os primeiros esforços para oferecer soluções nesta área buscavam oferecer os produtos mais baratos. *BargainFinder* (Krulwich, 1996) e *Jango* (Doorenbos, Etzioni *et al.*, 1997) foram os primeiros sistemas a fazerem este tipo de busca. Os agentes de tais sistemas buscavam pela Internet o preço do produto desejado pelo usuário e retornava o produto mais barato.

Apesar disso, estes sistemas geraram muita discussão, pois empresas que ofereciam serviços adicionais e conseqüentemente produtos com preços maiores, se sentiam prejudicadas e queriam que os agentes parassem de comparar preços com seus produtos. Enquanto isso, empresas menores queriam ser incluídas na lista de empresas a serem consultadas.

A partir daí, novos sistemas surgiram estendendo estes agentes de comparação de preços de forma que múltiplos atributos fossem levados em consideração como, por exemplo, o tempo de entrega, garantia, forma de pagamento, serviços de presente, etc. O *BuscaPé* oferece este serviço de comparação de produtos entre diversos sítios, e além do preço do produto ele oferece uma classificação da loja cujos critérios são: variedade de produtos, facilidades de compra, formas de pagamento, informações sobre o produto, dentre outros.

2.3.5 Negociação

Após ter determinado o comprador, o próximo passo é negociar os termos e condições pelos quais o produto será adquirido. No comércio tradicional, é através desta etapa que se pode barganhar pelo produto em questão, procurando melhores condições de compra.

Há alguns problemas que precisam ser superados para alcançar a automatização da negociação, dentre eles, a necessidade de ontologias e estratégias para negociação podem ser destacadas como os mais importantes (Beam e Segev, 1997; He, Jennings *et al.*, 2003).

A necessidade de ontologias trata da representação dos objetos negociáveis, ou seja, as ontologias ajudam os participantes da negociação a realmente negociarem o mesmo produto. Por exemplo, pode ser fácil descrever um livro para programas negociarem, mas especificar produtos mais complexos, como as partes de um automóvel, pode não ser tão trivial.

O segundo problema é a necessidade de estratégias para negociação, em outras palavras, que informação deve ser utilizada para barganhar o produto com a contraparte, ou como utilizar e combinar essas informações para obter melhores resultados na negociação.

Esta pesquisa aborda o segundo problema descrito sobre a negociação automatizada, assim sendo, no próximo capítulo ela será discutida em mais detalhes.

2.4 Discussão

Vários desafios podem ser identificados na busca de melhores soluções para o comércio eletrônico, especificamente no caso dos comércios B2C, podem-se destacar como os principais:

- **o problema da integração das etapas** – poder oferecer soluções para todas as etapas do processo de compra que estejam integradas. O Consumidor não busca apenas obter um produto ou a realização de um serviço, mas ele está interessado em satisfazer suas necessidades (Flores, 1996), logo, é preciso a integração das soluções para que este objetivo maior seja alcançado;
- **o problema da personalização** – uma das vantagens dos agentes é a oportunidade de personalização que eles oferecem. Portanto, as soluções devem explorar mais esta característica para que a interface, as ofertas e as condições de compra reflitam os interesses particulares dos usuários (He, Jennings *et al.*, 2003);
- **o problema da descoberta de informação** – com o aumento do número de consumidores, vendedores e mercados eletrônicos, se torna mais difícil colocar os

agentes relevantes em contato. Este problema se agrava devido à natureza dinâmica das interações, onde agentes compradores e vendedores podem livremente entrar e sair dos mercados (He, Jennings *et al.*, 2003);

- **o problema da interação** – os modelos de interação que os agentes empregam ainda são razoavelmente simplistas. É preciso que modelos com formas mais complexas de interações, como leilões e negociações bilaterais, sejam desenvolvidos (He, Jennings *et al.*, 2003).

A negociação é uma das etapas do processo de compra que pode ser implementada no comércio eletrônico através da tecnologia da informação. Entretanto, somente propostas de soluções foram geradas para a negociação automatizada, ou seja, esta etapa ainda carece de uma solução que pode ser utilizada em aplicações reais.

Esta pesquisa aborda os problemas relativos à negociação automatizada, concentrando-se nas negociações entre consumidores e empresas. Portanto, o próximo capítulo trata em mais detalhes a negociação automatizada, caracterizando as propostas de soluções para negociação automatizada e apontando direções para o seu melhoramento.

Capítulo 3

Negociação em Comércio Eletrônico

Neste capítulo é abordado o tema da negociação, buscando tanto caracterizá-lo como apresentar as direções e desafios para a modelagem de agentes negociadores. Neste sentido, na Seção 3.1 é tratada a questão da conceituação deste tema. Em seguida, é discutido na Seção 3.2 dois tipos diferentes de negociação, a negociação competitiva e a negociação cooperativa. A partir daí, são destacadas as principais questões para a modelagem de agentes negociadores na Seção 3.3. Na Seção 3.4 são apresentadas as principais abordagens e trabalhos para negociação automatizada e, finalmente, na Seção 3.5 são apresentadas algumas considerações sobre os trabalhos apresentados, assim como as considerações finais do capítulo.

3.1 Negociação - definição

A negociação é um tema tratado em diversas áreas, como Inteligência Artificial, Teoria dos Jogos, Ciências Econômicas e Políticas, dentre outras, utilizada para resolver conflitos de interesses em sobre algum assunto. Uma definição encontrada entre os pesquisadores em Inteligência Artificial trata a negociação como o processo pelo qual, duas ou mais partes encontram um acordo mutuamente aceitável para um problema em comum (Jennings, Faratin *et al.*, 2001).

De uma forma mais pragmática, a negociação pode ser vista como uma busca, onde ambos os participantes procuram, de forma distribuída, uma solução em um potencial espaço de acordos que seja aceitável a todos. A forma mais simples é a negociação de apenas um atributo como, por exemplo, negociar o preço de um produto. Neste caso, um acordo representa uma solução que esteja na intersecção dos espaços de acordos de cada um dos participantes, no caso, comprador e vendedor.

Em uma negociação mais próxima daquela praticada no comércio tradicional, o nível de complexidade da negociação aumenta, pois a busca acontece em diversos espaços de acordos, sendo um para cada atributo. A Figura 5 ilustra uma negociação com três atributos e dois participantes. É notório, portanto, que a estrutura do objeto negociado é quem vai definir a

dimensão e topologia do espaço de acordo da negociação, onde cada atributo negociado representa uma dimensão neste espaço.

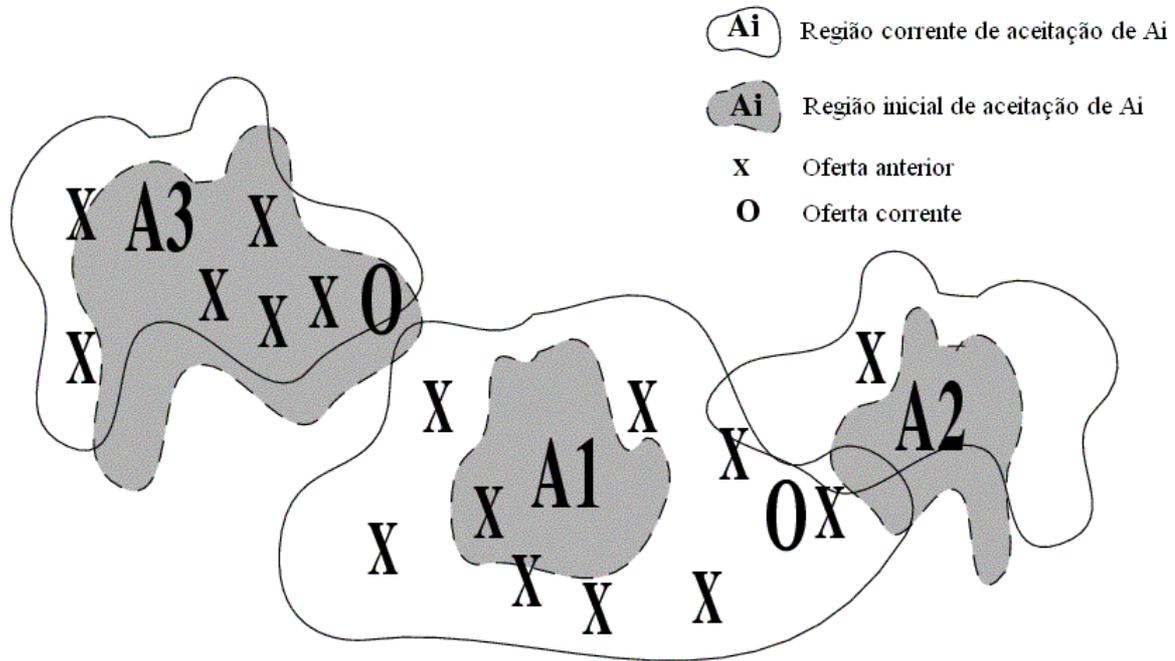


Figura 5 – Espaço de acordos na negociação

3.2 *Negociação Competitiva vs. Negociação Cooperativa*

A negociação pode ser utilizada para resolver problemas de coordenação e cooperação, tanto entre agentes computacionais quanto entre agentes humanos. Neste sentido, o objetivo dos agentes pode ir desde completamente cooperativas a antagônicas. Os agentes cooperativos são capazes de resolver problemas interdependentes e, portanto, compartilham um objetivo global. Por outro lado, os agentes antagônicos podem até dificultar que os outros agentes alcancem seus objetivos. Com a negociação estes agentes podem se comunicar de forma que suas decisões sejam benéficas a todos. Neste sentido, os estudos sobre negociação na área de negócios apontam para dois tipos de negociação (Guttman e Maes, 1998a; b):

- **Negociação Competitiva** – é o processo de tomada de decisão distribuída para resolver conflitos entre duas ou mais partes sobre uma única meta mutuamente exclusiva. A Teoria dos Jogos descreve esta situação como um jogo de soma zero ou jogo ganho-perda (*win-lose*), onde ao alterar os valores da única dimensão negociada, um lado obtém resultados melhores e o outro obtém resultados piores;
- **Negociação Cooperativa** – processo de tomada de decisão distribuída para resolver conflitos entre duas ou mais partes sobre múltiplas e interdependentes metas, mas

não mutuamente exclusivas. A Teoria dos Jogos descreve esta situação como um jogo de soma não zero ou jogo ganho-ganho (*win-win*), onde ao alterar os valores das múltiplas dimensões, todos os lados podem obter melhores resultados.

3.2.1 Negociação Competitiva

A negociação competitiva permite que o preço do produto possa ser determinado pelo mercado, tirando a responsabilidade do vendedor de definir este valor previamente (Guttman e Maes, 1998b). Desta forma, existe um valor mínimo aceitável pelo vendedor, e os compradores oferecem suas propostas de compra pela mercadoria segundo suas necessidades. O benefício, portanto, deste tipo de negociação é que os recursos são alocados de forma coerente, ou seja, quem tem maior necessidade estará disposto a pagar mais pelo recurso.

Este tipo de negociação é comum em uma diversidade de mercados, incluindo o mercado da bolsa de valores, os leilões, carros usados, dentre outros. As primeiras propostas de sistemas para o comércio B2C que tratam da negociação também se utilizam deste tipo de negociação.

O *Kasbah*¹¹ (Chavez e Maes, 1996) é um exemplo de sistema multi-agente onde os usuários publicam suas ofertas e demandas através de agentes, e estes negociam o preço do produto. Outro sistema multi-agente que utiliza a negociação competitiva é o *AuctionBot* (Wurman, Wellman *et al.*, 1998). Este sistema é um servidor de leilão, onde os usuários podem criar leilões para comprar ou vender produtos, escolhendo um dos tipos de leilões disponíveis e configurando os parâmetros específicos. Os usuários também podem utilizar uma API¹² fornecida pelo *AuctionBot*, para criar seus próprios agentes, compradores ou vendedores.

Os sítios de leilões como, por exemplo, *Mercado Livre*¹³, *Arremate*¹⁴, *e-Bay*¹⁵, dentre outros, estão se tornando bem populares devido à novidade dos usuários poderem negociar o preço dos produtos, assim como pela possibilidade de realizar bons negócios sobre os produtos desejados. Apesar disso, tanto o paradigma dos leilões¹⁶ quanto da negociação competitiva não se mostram adequados para o comércio B2C (Guttman e Maes, 1998a).

¹¹ Uma discussão mais detalhada sobre o *Kasbah* é apresentada na Subseção 3.4.2.1.

¹² *Application Programming Interface*

¹³ <http://www.mercadolivre.com.br>

¹⁴ <http://www.arremate.com.br/>

¹⁵ <http://www.ebay.com>

¹⁶ Veja (Guttman e Maes, 1998a) para uma discussão mais completa sobre os problemas do paradigma de leilões para o comércio B2C.

Na negociação competitiva, o preço do produto se torna o centro das atenções, ou seja, o consumidor perde de vista o valor agregado das demais características do produto e dos serviços. Isto é ruim tanto para o consumidor como para a empresa. Ao considerar apenas o preço, as necessidades do consumidor podem não ser totalmente atendidas como, por exemplo, apesar de comprar o produto mais barato, o tempo de entrega não é satisfatório. Já a empresa, perde a oportunidade de inserir diferenças em relação aos seus concorrentes, pois a negociação está situada somente no preço do produto. Além disso, a insatisfação do cliente com as compras pode ocasionar a diminuição dos lucros a longo prazo.

3.2.2 Negociação Cooperativa

Em contraste com a negociação competitiva, a negociação cooperativa leva em consideração um conjunto de atributos durante a negociação e pode ser definida como um jogo ganho-ganho (*win-win*). Ao alterar os valores deste conjunto de atributos, ambas as partes podem obter melhores resultados com esta mudança, ou seja, a negociação cooperativa permite que haja a maximização dos resultados esperados para todos os lados, diferentemente da negociação competitiva.

Uma meta primária das empresas é ter uma boa lucratividade a longo prazo, conseguida através da venda do maior número de produtos possíveis, ao maior número de consumidores, com baixos custos das transações e altos preços para os produtos. Já os consumidores desejam satisfazer suas necessidades, pagando os menores preços possíveis. A negociação cooperativa permite que ambas as metas de consumidores e empresas possam ser maximizadas através do espaço de ofertas que as empresas podem oferecer aos consumidores.

A negociação cooperativa permite que as empresas possam atender as necessidades individuais dos consumidores, resultando numa maior satisfação destes. Para o consumidor, ela pode ser vista como uma conversação com as empresas, de forma a comparar as ofertas das várias empresas com suas necessidades, resultando em ganho mútuo.

Um exemplo de sistema multi-agente que utiliza a abordagem da negociação cooperativa é o Tete-a-Tete (Maes, Guttman *et al.*, 1999). Este sistema permite que os agentes dos consumidores e das empresas possam negociar não só sobre o preço do produto, mas também sobre outros termos da transação, incluindo garantia, tempo de entrega, política de devolução, opções de financiamento, serviço de presente, dentre outros serviços com valores agregados. Ao definir os parâmetros para a busca do produto, os agentes compradores utilizam estes parâmetros como as preferências para negociação. A negociação no Tete-a-Tete é composta por propostas,

críticas e contrapropostas. Por exemplo, ao receber múltiplas propostas dos agentes vendedores, o agente comprador avalia e ordena as propostas segundo as preferências do usuário. As propostas definem um produto por completo, ou seja, configuração do produto, preço e serviços com valores agregados. Se um comprador estiver insatisfeito com uma proposta, ele pode criticá-la e, desta forma, o agente do comprador irá difundir as novas preferências para os agentes vendedores, que irão retornar contrapropostas melhores para o agente comprador.

Outros exemplos de sistemas multi-agentes que fazem uma negociação cooperativa podem ser encontrados na Seção 3.4.

3.3 Modelagem da Negociação

Ao tratar da negociação automatizada, três tópicos precisam ser considerados (Jennings, Faratin *et al.*, 2001):

- **protocolos de negociação** – são as regras que governam a interação no processo de negociação. O tipo dos participantes (por exemplo, os negociadores e qualquer outro participante, como um leiloeiro), os estados da negociação (por exemplo, esperando propostas, negociação encerrada), os eventos que causam a mudança de estado (por exemplo, proposta recebida, proposta aceita) e as ações válidas dos participantes em cada estágio (por exemplo, que mensagens podem ser enviadas, para quem e em qual momento);
- **objeto da negociação** – são as regras que definem o objeto negociado através dos atributos sobre os quais o acordo será gerado. A forma mais simples é ter apenas um atributo como, por exemplo, o preço para negociação de um produto; ou vários atributos (preço, prazo de entrega, qualidade, termos e condições, etc.), numa forma mais complexa. Independente da estrutura do acordo, mas determinado pelo protocolo de negociação, os valores para os atributos, num caso mais simples, podem ser fixos durante a negociação (por exemplo, *aceite o valor determinado ou desista da negociação*), ou num caso mais complexo, os valores para os atributos podem ser alterados a fim de garantir a adequação do acordo nos objetivos da negociação (por exemplo, a utilização de propostas e contrapropostas para que estes atributos não sejam fixos). Por último, os atributos do acordo podem ter uma estrutura fixa, ou eles podem ser alterados durante a negociação, permitindo que novos atributos de acordo sejam adicionados ou removidos durante a negociação;

- **modelo de tomada de decisão dos agentes** – o modelo de decisão a ser utilizado, em conjunto com o protocolo de negociação, para alcançar os objetivos da negociação. A complexidade do modelo e das decisões a serem tomadas, é influenciada pelo protocolo de negociação em questão, a natureza do objeto negociado e pelas operações que podem ser executadas.

A importância destes três tópicos varia de acordo com contexto da negociação e do ambiente. Por exemplo, quando um projetista determina que um específico tipo de leilão (leilão holandês¹⁷, por exemplo) é a melhor forma de negociação para o sistema, o protocolo de negociação restringe as operações que podem ser executadas (não é permitido contrapropostas) e descreve o comportamento do modelo de decisão dos agentes (a melhor estratégia para o agente no leilão holandês é oferecer seu valor de reserva). Neste caso, o protocolo de negociação foi o conceito dominante, mas há outros casos, porém, nos quais o modelo de decisão é o conceito dominante. Neste caso, o protocolo não definiria o melhor comportamento para o agente, mas a melhor ação seria determinada pelo raciocínio estratégico.

3.3.1 Propriedades desejadas

Algumas propriedades são consideradas desejáveis em um mecanismo de negociação (Huhns e Stephens, 2000; Sandholm, 2000):

- **eficiência** – os agentes não devem desperdiçar recursos quando eles buscam um acordo, ou seja, não deve haver nenhuma utilidade perdida quando um acordo é alcançado. Neste sentido, os resultados devem ser Ótimo de Pareto ou globalmente ótimos, os quais são discutidos mais abaixo;
- **estabilidade** – nenhum agente deve ter o incentivo para se desviar da estratégia especificada pelo protocolo. As estratégias que os agentes adotam podem ser propostas como parte do ambiente de interação. Uma vez que estas estratégias foram propostas, não é desejável que os projetistas individualmente (por exemplo, uma empresa) construam suas estratégias;
- **simplicidade** – o mecanismo de negociação deve impor demandas de computação e de comunicação baixas aos agentes. Isto está relacionado com a eficiência e

¹⁷ No leilão holandês, o leiloeiro anuncia o preço do item leiloado e espera que algum comprador arremate-o pelo preço anunciado. Quando não há sinal de aceitação, o leiloeiro anuncia uma nova proposta reduzindo o preço. A redução continuará até alguém arrematar o item, ou o valor chegar a um mínimo pré-estabelecido.

estabilidade. Se o mecanismo de interação é simples, ele aumenta a eficiência do sistema, pois poucos recursos são utilizados para realizar a negociação. Similarmente, com mecanismos estáveis, poucos recursos são gastos para sobrepujar o oponente, ou tentar descobrir sua estratégia ótima;

- **distribuído** – o protocolo não deve ter um tomador de decisão centralizado. Isto pode evitar que gargalos no sistema, assim como um colapso devido a uma falha;
- **simétrico** – o protocolo não deve favorecer um agente a outro. Simetria implica que o resultado da negociação não será afetado se um agente for substituído por outro do mesmo tipo.

A propriedade de eficiência pode ser decomposta em quatro categorias (Lomuscio, Wooldridge *et al.*, 2003):

- **Ótimo de Pareto** – um resultado é Ótimo de Pareto quando não existe outro resultado que forneça uma utilidade maior para um agente, sem também fornecer uma utilidade menor para um outro agente;
- **globalmente ótimo** – um resultado é globalmente ótimo quando o somatório das utilidades dos agentes é máximo. Um resultado ser globalmente ótimo implica em ser Ótimo de Pareto, mas a recíproca não é verdadeira;
- **eficiência computacional** – os algoritmos para negociação precisam ser computacionalmente eficientes, ou seja, o tempo de execução para tais algoritmos precisa ser aceitável;
- **eficiência da comunicação** – deve-se existir em mecanismo que manipule a comunicação entre os agentes de forma eficiente, por exemplo, difundir uma mensagem para todos os agentes pode não ser tão eficiente.

As propriedades citadas acima são cruciais para o sucesso de um mecanismo de negociação, apesar das dificuldades de alcançá-las. Por isso, estas propriedades não precisam ser universalmente aceitas, mas às vezes deverá existir algum balanceamento entre uma ou outra propriedade (Zlotkin e Rosenschein, 1996).

3.4 Abordagens em Negociação Automatizada

Nesta seção, duas abordagens para negociação automatizada são discutidas, a abordagem da teoria dos jogos e a abordagem heurística. Também são apresentados alguns dos principais trabalhos relacionados com a abordagem heurística. O objetivo é mostrar como o problema da

negociação automatizada vem sendo tratado nas pesquisas, e apontar direções para possíveis melhoramentos.

3.4.1 Teoria dos Jogos

A teoria dos jogos é uma disciplina que surgiu para abordar problemas econômicos sobre um novo ponto de vista. De forma geral, problemas típicos de comportamento econômico se apresentam de forma idêntica a conceitos matemáticos que traduzem certos jogos de estratégia (Davis, 1970). Apesar disso, as aplicações desta disciplina vão além da economia, sendo seus resultados aplicados em Ciência Econômica e Política, Matemática Pura, Psicologia, Sociologia, Finanças, Inteligência Artificial Distribuída e na Guerra.

Um jogo pode ser visto como um conjunto de ações a serem tomadas pelos seus n participantes, de acordo com o conjunto de regras que o definem. Estas determinam, em cada etapa do jogo, quais as ações permitidas a cada participante, quais informações são reveladas a que participante, como o jogo acaba, e quanto cada participante recebe no final (Simonsen, 1994).

De uma forma mais geral, a teoria dos jogos pode ser vista como o estudo das interações entre entidades com interesses próprios. Seu objetivo é, portanto, determinar as melhores – mais racionais – estratégias para estas entidades – os jogadores – de forma que elas possam obter os melhores resultados. A característica da teoria dos jogos é tratar problemas onde o ganho de cada participante não depende somente das suas decisões e do estado da natureza, mas também das ações dos outros participantes inteligentes. Os métodos de análise e formalização introduzidos pelas técnicas de teoria dos jogos podem ser aplicados a dois conceitos chaves da negociação (Jennings, Faratin *et al.*, 2001):

- o projeto de **protocolos** que governem a interação entre os participantes de uma negociação. O protocolo define as “regras do encontro” entre os agentes. Formalmente, um protocolo é um conjunto de normas que restringem as propostas que os participantes podem fazer. É possível projetar protocolos de tal forma que qualquer histórico de negociação apresente um conjunto de determinadas propriedades desejáveis;
- o projeto de uma **estratégia** particular que os agentes utilizam na tomada de decisão durante a negociação – um agente deve utilizar uma estratégia que maximize seu bem-estar individual. O problema aqui é que, tipicamente, uma estratégia que funciona bem na teoria, tende a ser computacionalmente inviável e, na prática, não utilizada pelos agentes.

Entretanto, há um número de problemas associados com o uso da teoria dos jogos na negociação automatizada (Jennings, Faratin *et al.*, 2001):

- a teoria dos jogos assume que é possível caracterizar as preferências de um agente em relação aos possíveis resultados. Entretanto, os *humanos* acham extremamente difícil definir de forma consistente suas preferências sobre os resultados (Davis, 1970). Até mesmo a caracterização das preferências das pessoas em relação à ordenação dos resultados é difícil ser alcançada (Davis, 1970; Russell e Norvig, 1995). No entanto, há cenários onde as preferências são óbvias de serem definidas – como no caso de um consumidor comprando um DVD em particular, negociando somente o preço do produto e buscando minimizar seus custos. Neste caso a teoria dos jogos pode funcionar bem, mas em situações onde as preferências são mais complexas (envolvendo múltiplos atributos), é mais complicado utilizá-la;
- os modelos de teoria dos jogos freqüentemente assumem racionalidade computacional perfeita, significando que nenhuma computação é requerida para encontrar soluções mutuamente aceitáveis dentre os possíveis resultados. Além disso, o espaço de possíveis acordos é freqüentemente assumido como sendo inteiramente conhecido pelos agentes, assim como os resultados potenciais. Esta hipótese é raramente verdadeira na maioria dos casos; agentes tipicamente conhecem seus próprios espaços de informação, mas não conhecem o espaço de informação de seu oponente. Entretanto, mesmo se um espaço comum de acordos for conhecido, saber que uma solução existe é completamente diferente de saber a solução na prática. Mecanismos físicos levam tempo para processar a informação e selecionar ações, conseqüentemente o comportamento de agentes reais não pode refletir imediatamente as mudanças no ambiente e geralmente será sub-ótimo (Simon, 1982).

Apesar destes problemas, a teoria dos jogos é extremamente interessante como uma ferramenta para negociação automatizada. Nos casos onde é possível caracterizar as preferências e as possíveis estratégias dos participantes da negociação, então a teoria dos jogos tem muito a oferecer.

3.4.2 Abordagens Heurísticas

Os estudos sobre negociação e barganha na disciplina de teoria dos jogos começaram bem antes do surgimento dos sistemas multi-agentes como uma disciplina de pesquisa, ou do primeiro computador digital. Entretanto, a ciência da computação traz considerações importantes

(Jennings, Faratin *et al.*, 2001): os estudos da teoria dos jogos em SMA sobre a racionalidade dos agentes, tipicamente assumem que estes podem escolher a melhor dentre todas as possíveis estratégias. Apesar disso, encontrar uma solução ótima é computacionalmente inviável, pois o espaço de estratégias e interações tem crescimento exponencial.

A abordagem heurística considera o custo computacional associado com a tomada de decisão, portanto, busca soluções no espaço de acordo de uma forma não exaustiva. Essa abordagem é a principal forma de superar as limitações da abordagem de teoria dos jogos, pois tem o objetivo de produzir resultados *bons* ao invés de resultados *ótimos*. Para isso, modelos de negociação mais informais podem ser utilizados, assim como os métodos podem ser aproximações computacionais das técnicas de teoria dos jogos. As principais vantagens desta abordagem são (Jennings, Faratin *et al.*, 2001):

- a utilização de hipóteses mais realísticas para construção dos modelos. Isto implica prover uma base mais adequada para automação, assim como sua utilização pode ser expandida para uma variedade de aplicações;
- os agentes podem ser projetados com modelos de racionalidade alternativos e que sejam menos restritivos que os modelos da teoria dos jogos.

Como a solução para negociação automatizada apresentada nesta dissertação está relacionada com os modelos heurísticos, serão apresentados nas subseções seguintes alguns destes modelos.

3.4.2.1 Kasbah

O Kasbah (Chavez e Maes, 1996) é um mercado virtual baseado em agentes, onde os usuários podem publicar suas ofertas e demandas. O sistema funciona como uma espécie de classificados virtual, onde os agentes compradores ou vendedores anunciam as demandas ou ofertas, encontram os agentes vendedores ou compradores adequados e negociam os produtos.

Os agentes negociadores no Kasbah são configurados com:

- o produto P a ser negociado;
- o tipo da negociação – compra ou venda;

- um intervalo de preço que o usuário está disposto a pagar [*valor-ideal*, *valor-aceitável*]¹⁸;
- o tempo máximo t_{max} para negociar.

Por exemplo, uma possível configuração seria a *compra* um telefone celular Nokia 6120i ($P = \{Nokia\ 2120i\}$), onde o usuário deseja pagar R\$100,00, mas disposto a ceder até R\$150,00 na negociação (*intervalo-de-preço*=[100,150]), sendo está efetuada dentro de 15 horas ($t_{max} = 15h$).

Após se encontrarem para negociar, os agentes trocam suas proposta de compra e venda. Estas propostas contêm o preço para o produto e no início da negociação é utilizado o *valor Ideal* para o preço. Conforme o tempo vai passando, o preço contido na proposta é alterado segundo uma função baseada no tempo, ou seja, este valor para o preço aumentará se o agente for um comprador, ou diminuirá se for um vendedor, sendo *valor aceitável* proposto quando o tempo máximo para negociar for atingido. Três tipos diferentes de funções (linear, quadrática, cúbica) podem ser utilizadas para variar o preço das propostas, as quais são configuradas pelo usuário e definem a estratégia de negociação do agente.

Os agentes no Kasbah podem executar as seguintes ações:

- aceitar a proposta;
- rejeitar uma proposta e enviar uma contraproposta; ou
- desistir da negociação.

Ao receber uma proposta, o agente gera imediatamente sua contraproposta; caso a proposta recebida seja melhor¹⁹ que a contraproposta gerada, ela é aceita, senão a contraproposta é enviada. Ambos os agentes tomarão a decisão de desistir da negociação quando a duração da negociação ultrapassar o tempo máximo para negociar configurado pelo usuário.

3.4.2.2 Negotiation Wrapper

Faratin apresenta em sua pesquisa (Faratin, 2000) um modelo de negociação bem mais completo que o sistema Kasbah. Este modelo foi criado com o objetivo de modelar um ambiente onde os usuários são representados por agentes que negociam acordos para a compra de serviços.

¹⁸ O *valor ideal* é o valor que o comprador quer pagar pelo produto, e o valor que o vendedor quer receber pelo produto. O *valor aceitável* é o valor máximo que o comprador está disposto a pagar e o valor mínimo que o vendedor está disposto a receber pelo produto.

¹⁹ Para um agente comprador, uma proposta X_1 é melhor que uma proposta X_2 quando o preço contido em X_1 é menor ou igual ao preço contido em X_2 . Similarmente, para um agente vendedor, uma proposta X_1 é melhor que uma proposta X_2 quando o preço contido X_1 é maior ou igual ao preço contido X_2 .

Neste modelo há dois participantes (a e b) representando comprador e vendedor de um bem ou serviço. O objetivo dos dois agentes é negociar um acordo $x \in X$ para um determinado bem ou serviço, onde X é o conjunto de todos os acordos possíveis, os quais são descritos através de múltiplos atributos, ou seja, este acordo pode levar em consideração o preço do objetivo negociado, o tempo para entrega, a qualidade do produto, garantias, dentre outros atributos possíveis na negociação. O usuário configura cada atributo da negociação (preço, prazo de entrega, etc.) com um conjunto de preferências para cada atributo, os quais definirão um acordo x . Os atributos que compõem o acordo são definidos no início da negociação pelos dois agentes a e b , e podem ser alterados durante o seu curso, desta forma, comprador e vendedor definem quais os atributos relevantes na negociação. Por exemplo, eles podem definir que somente o preço e o prazo de entrega são importantes, ignorando os demais atributos.

O protocolo utilizado na negociação é o modelo seqüencial alternante (*alternating sequential model*), onde os agentes trocam de propostas e contrapropostas (Rubinstein, 1992). As propostas contêm valores para os atributos que foram previamente acordados para serem negociados, e são avaliados por uma função de utilidade $U_i : X \rightarrow [0,1], i \in \{a,b\}$. A função de utilidade U_i informa o ganho do agente, representado por um valor no intervalo $[0,1]$, se ele aceitar um acordo $x \in X$. O protocolo termina quando os agentes entram em acordo ou quando um agente desiste da negociação, ou, alternativamente, quando o limite de tempo é alcançado.

Assim como nos jogos de estratégias, como no xadrez, por exemplo, os agentes podem utilizar diferentes estratégias que não violem as regras do jogo. Faratin desenvolveu duas estratégias heurísticas de busca autônoma e distribuída para ser utilizada pelos agentes. O primeiro mecanismo, chamado *mecanismo responsivo* (*responsive mechanism*), permite que o agente tome suas decisões com base em algum conhecimento do ambiente, como o comportamento concessivo do oponente, o tempo gasto para negociar ou os recursos utilizados na negociação (Faratin, Sierra *et al.*, 1998). Desta forma, o agente vai diminuindo a utilidade esperada para o acordo, de forma que, ao enviar uma proposta para o oponente, ela possa ter uma maior utilidade para ele. Entretanto, este mecanismo tem várias limitações, como apontado pelo próprio Faratin (Faratin, Sierra *et al.*, 2000). Em alguns casos os agentes falham em encontrar os acordos, mesmo existindo soluções potenciais. Por exemplo, um acordo pode existir onde o comprador oferece pagar um alto preço por um produto que é entregue rapidamente. Este acordo pode ter a mesma utilidade de um outro que o preço seja mais baixo e a entrega seja demorada. Entretanto, do ponto de vista do vendedor, isso pode não ser aceitável. O *mecanismo responsivo* não permite que isto seja explorado.

Para tratar estas limitações, Faratin também propôs um segundo mecanismo, chamada mecanismo de balanceamento (*trade-off mechanism*) (Faratin, Sierra *et al.*, 2000). Intuitivamente, no mecanismo de balanceamento o agente diminui a utilidade de um atributo do acordo e aumenta a utilidade de outro atributo, desta forma, mantendo constante a utilidade geral do acordo. Este mecanismo permite que acordos se tornem mais prováveis de acontecer, assim como aumenta a eficiência destes acordos (Faratin, Sierra *et al.*, 2000).

A dinâmica da utilidade dos acordos gerados por cada um dos mecanismos, assim como uma possível combinação é mostrada na Figura 6 A, B e C (Faratin, 2001). Os círculos preenchidos representam a utilidade dos acordos oferecidos do agente *a* para o agente *b*, na perspectiva de *a*. Da mesma forma, os círculos vazios representam a utilidade dos acordos oferecidos de *b* para *a*, na perspectiva de *b*. O círculo rachurado representa a utilidade conjunta do acordo final. A linha curvilínea que conecta os dois pares de ganho (0,1) e (1,0) é a linha Ótimo de Pareto ²⁰.

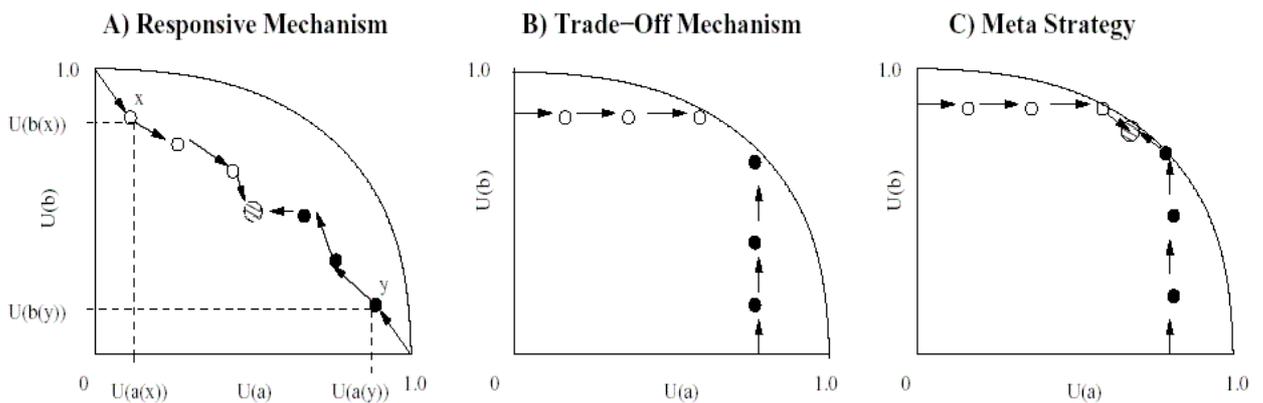


Figura 6 – Dinâmica da utilidade dos mecanismos

A Figura 6 A representa uma negociação onde os agentes *a* e *b* utilizam o *mecanismo responsivo*. Cada oferta tem uma utilidade alta para o agente que a faz, mas relativamente menos utilidade para o outro agente. Este processo continua até que um dos agente seja satisfeito com a condição $U^b(x_{a \rightarrow b}^t) \geq U^b(x_{b \rightarrow a}^t)$, onde $x_{a \rightarrow b}^t$ é uma oferta oferecida pelo agente *a* ao agente *b* no tempo *t*. O critério para o termino da negociação é referido como cruzamento das utilidades dos

²⁰ O significado de um resultado ser Ótimo de Pareto foi apresentado na Seção 3.3.1, mas informalmente ele pode ser definido como o conjunto dos melhores resultados para ambos os agentes (Binmore, 1992).

dois agentes. O *mecanismo responsivo* pode selecionar resultados distintos baseado na taxa de concessão para utilidade, ou seja, o ângulo de concessão definido pela Figura 6 A.

A Figura 6 B representa uma negociação onde os agentes *a* e *b* utilizam o *mecanismo de balanceamento*. Nesta abordagem, cada oferta tem a mesma utilidade para o agente que a faz, assim como uma utilidade maior para o agente oponente (movimento em direção a linha Ótimo de Pareto).

Finalmente, os agentes podem combinar os dois mecanismos através de uma meta estratégia (*meta strategy*). Também é possível observar da Figura 6 B que, devido a informação local sobre a utilidade ser privada aos agentes, não se pode fazer uma comparação das utilidades individuais para saber se a linha Ótimo de Pareto foi alcançada. Isto significa que a negociação falhará em encontrar um resultado que seja aceitável a ambos os agentes. A Figura 6 C mostra uma solução onde ambos os agentes utilizam o *mecanismo responsivo* e o *mecanismo de balanceamento*, desta forma, satisfazendo o critério de cruzamento das utilidades.

3.4.2.3 Paula

Em sua pesquisa, Paula propõe um modelo de negociação (Paula, Ramos *et al.*, 2001; Paula, 2001) que estende o *Negotiation Wrapper*, apresentado por Faratin. Nos modelos apresentados nas Seções anteriores, Kasbah (ver Seção 3.4.2.1), Wrapper (ver Seção 3.4.2.2) os agentes utilizam três ações básicas: *aceitar uma proposta; rejeitar uma proposta e enviar uma contraproposta; e desistir da negociação*. Paula procurou melhorar a negociação automatizada inserindo novas características das negociações do mundo real, mas que ainda não eram utilizadas. Desta forma, duas novas ações, *sugerir produtos alternativos* e *enviar ultimato*, foram inseridas em seu modelo. A primeira segue uma heurística que determina quando o acordo proposto pelo oponente está distante de alcançar valores aceitáveis, desta forma, sugere um produto alternativo. A escolha do produto alternativo pode acontecer de diversas formas, como diminuir a qualidade do produto, diminuir a quantidade de produtos, escolher um produto cuja avaliação é menor ou escolher aleatoriamente. A segunda ação para os agentes, ultimato, é utilizada antes dos agentes desistirem da negociação. Caso o tempo máximo para negociar seja alcançado, o agente envia um ultimato indicando que se não houver acordo nessa última proposta a negociação será encerrada. Com o ultimato, Paula tem a intenção de prevenir que uma negociação termine abruptamente, ou seja, ele oferece uma última chance para o oponente aceitar o acordo proposto.

Estas novas ações influenciaram em uma das principais características deste modelo, o novo formato dos acordos. Além dos atributos que compõem o acordo, como preço, prazo de

entrega, garantias, etc., definidos por Faratin para um acordo $x \in X$, Paula também utiliza as características do produto $c \in C$ para definir o acordo. C é o conjunto de todas as características possíveis para o produto, as quais são descritos através de múltiplos atributos. Um acordo no modelo de Paula é definido como $Y = \{x, c\}$. A função que define a utilidade de um acordo é da seguinte forma $U : Y \rightarrow [0,1]$, onde $U(Y) = U^x(x).P^x + U^c(c).P^c$, $U^x(x) \rightarrow [0,1]$ define a utilidade dos atributos da negociação (preço, prazo de entrega, etc.), $U^c(c) \rightarrow [0,1]$ define a utilidade das características do produto, P^x é o peso para a utilidade dos atributos negociáveis, P^c é o peso para as características dos produtos e os pesos estão normalizados, ou seja, $P^x + P^c = 1$. Com estes pesos, a utilidade final gerada pode ser influenciada tanto pelas características do produto como pelos atributos negociáveis.

Como uma possível ação dos agentes é sugerir produtos alternativos, é necessário que a negociação não considere um único produto, mas classes de produto $D = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, onde p_i representa um produto e n é o número de produtos em uma classe. Cada produto $p_i = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ é definido através de suas m características, onde $C_j \in C$. Dois produtos distintos da mesma classe são formados pelas mesmas características, mas contém pelo menos um valor distinto para alguma das características.

3.4.3 Discussão sobre os trabalhos relacionados com a abordagem heurística

3.4.3.1 Kasbah

O Kasbah foi uma tentativa de projetar uma aplicação real para negociar produtos de forma automatizada. O principal problema desta aplicação é lidar com o problema da negociação através de negociações competitivas. Como o preço do produto é o único atributo negociado, as desvantagens deste tipo de negociação são: (i) ao alterar o valor do preço do produto uma parte sai ganhando e a outra sai perdendo; (ii) geralmente os usuários desejam negociar outros atributos da compra como, por exemplo, a forma de pagamento, garantia, qualidade, etc.; (iii) numa perspectiva da empresa, a negociação somente sobre o preço pode acarretar em insatisfação para o usuário, inibindo futuras compras e prejudicando a lucratividade a longo prazo da empresa.

Outra deficiência apresentada pelo Kasbah é o modelo de decisão. Somente parte da tomada de decisão que está envolvida com a negociação é modelada pelos agentes, deixando sobre a responsabilidade do usuário fazer diversas escolhas. Além disso, as decisões que são

delegadas aos agentes (chamadas de estratégias no Kasbah), são muito simples e limitadas, e sua seleção não é autônoma.

3.4.3.2 Negotiation Wrapper

Os modelos apresentados por Faratin e Paula superam as dificuldades da negociação competitiva apresentada no Kasbah. A negociação cooperativa apresentada nessas duas pesquisas permite que ambas as partes (comprador e vendedor) possam ter uma satisfação maior no processo de compra. Isto mostra a preocupação em enriquecer o processo de negociação, assim como considera aspectos importantes que comumente são levados nas negociações do mundo real.

Faratin apresentou uma infra-estrutura mais rica do que aquela apresentada no Kasbah para a negociação automatizada, entretanto, duas dificuldades podem ser apontadas neste trabalho: (i) a rigidez da estrutura das preferências para negociação; (ii) não considerar outras informações durante a tomada de decisão na negociação, o que implica também na falta de personalização.

Os usuários, tanto empresas como consumidores, definem suas preferências para negociação de antemão. A partir daí, os agentes negociam um acordo sob este conjunto de preferências, tentando encontrar um acordo mutuamente aceitável. Se os espaços de acordos definidos pelas preferências forem incompatíveis ou muito grandes, não existe nenhuma estratégia para alterar estes espaços de acordo, restringindo-os ou ampliando-os, conforme for necessário. Isso pode prejudicar tanto um acordo ser encontrado quanto a qualidade dos acordos.

A segunda questão é que neste modelo há uma preocupação somente com o processo de negociação, ou seja, a partir das preferências como encontrar os melhores acordos. Entretanto, no caso da empresa, por exemplo, seria interessante considerar com quem ela está negociando. Levar em conta certas informações, como um perfil do usuário ou histórico de negociações, poderia ser útil para ajustar os espaços de acordos e assim aumentar a quantidade e qualidade dos acordos encontrados. Portanto, há informações além das preferências para negociação que podem ser muito valiosas na negociação, tanto para consumidores quanto para empresas. Essas informações estão presentes no ambiente em que consumidores e empresas estão inseridos e podem influenciar na negociação.

No caso da empresa, por exemplo, além de ajudar na busca dos acordos, essas informações podem ser utilizadas para oferecer condições personalizadas de compras para os usuários, aumentando a satisfação dos mesmos com a negociação. Isso é um diferencial

importante que também deve ser incorporado nos sistemas que buscam realizar a negociação automatizada.

3.4.3.3 Paula

Paula advoga que muitas das características da negociação no mundo real não são consideradas na negociação automatizada (Paula, Ramos *et al.*, 2001), portanto, em sua pesquisa são propostas algumas extensões ao modelo de Faratin. Essas extensões são positivas, pois consideram as características dos produtos, classes de produtos e a sugestão de produtos alternativos incidem diretamente na satisfação do usuário com o resultado da negociação. Por exemplo, se o usuário deseja comprar um determinado produto p_1 , mas as preferências de compra do agente são incompatíveis com as preferências de venda do agente oponente, a alteração para um produto p_2 pode fazer com que um acordo seja alcançado, evitando a insatisfação com o caso de um não-acordo.

Uma importante contribuição deste trabalho é que espelhar-se nas negociações do comercial tradicional, trouxe novas características para a negociação automatizada que possibilitam o aumento do número de acordos e a qualidade destes. A utilização de classes de produtos também pode ser considerada como uma tentativa tímida de levar em consideração informações do ambiente da empresa na negociação.

Os avanços oferecidos neste trabalho ainda são insuficientes para ter este modelo de negociação utilizado em aplicações reais. Mesmo assim, cada novo avanço torna o modelo de tomada de decisão dos agentes negociadores mais complexo. Por exemplo, ao considerar produtos alternativos é preciso inserir um modelo de decisão para a escolha do produto a ser oferecido. Uma abordagem mais interessante seria considerar um modelo de decisão simples para os agentes negociadores, o qual permite os agentes tomarem decisões em cima das preferências para negociação, e outro modelo de decisão na retaguarda destes agentes, possibilitando que novas opções para negociação sejam utilizadas como, por exemplo, sugerir um produto alternativo, sugerir produto correlato, oferecer um desconto.

3.5 Discussão

De uma forma geral, as críticas apresentadas ao trabalho de Faratin podem ser estendidas ao trabalho de Paula e a outros trabalhos sobre negociação automatizada, como por exemplo (Cardoso e Oliveira, 2001; Lin, 2003). O maior problema apresentado nas pesquisas sobre negociação automatizada é o fato que elas se mostram incompletos, pois concentram muito

esforço na modelagem do processo de negociação, mas não levam em conta muitos fatores no ambiente da empresa e do consumidor que podem influenciar neste processo.

De fato, para uma empresa negociar, é preciso levar em consideração vários fatores do ambiente, como o comportamento da concorrência, a política de gerenciamento dos seus relacionamentos com os consumidores, o relacionamento com seus parceiros de negócios, políticas de estoque, para citar alguns exemplos. Da mesma forma, o consumidor também pode usar informações colhidas no seu ambiente no processo de negociação com uma empresa.

A abordagem dessa pesquisa é, portanto, lidar com as questões citadas acima, mas não tratadas em outros trabalhos, a fim de aprimorar o processo de negociação. Desta forma, um modelo de suporte à tomada de decisão é proposto nesta pesquisa com o objetivo de apoiar as decisões dos agentes negociadores no lado empresa. Este modelo visa lidar com as informações presentes no ambiente da empresa e a partir delas, redefinir as preferências para negociação, para que o resultado do processo de negociação seja melhorado e opções personalizadas sejam oferecidas aos consumidores.

Capítulo 4

Proposta de Solução para Negociação Automatizada: Foco na Empresa

O objetivo desta pesquisa é lidar com a negociação automatizada, de forma a oferecer uma solução adequada. Mais especificamente, as transações comerciais entre empresas e consumidores são o alvo desta pesquisa, assim sendo, esta solução visa prover agentes negociadores para que a barganha possa ocorrer entre consumidores e empresas. Isto é realizado através de negociações bilaterais entre os agentes negociadores (agentes compradores e agentes vendedores).

Neste capítulo é destacada a abordagem proposta para esta problemática. Mais especificamente, são tratados os problemas relativos à modelagem da negociação automatizada, assim como a provisão de um modelo que dê um suporte à tomada de decisão dos agentes vendedores. Na Seção 4.1, é discutida em mais detalhes a abordagem dessa pesquisa para a negociação automatizada. Na Seção 4.2 é apresentado o modelo de negociação utilizado. Na Seção 4.3 é apresentado o modelo de suporte de decisão para apoiar os agentes negociadores e finalmente, na Seção 4.4, são apresentadas as considerações finais do capítulo.

4.1 Abordagem proposta para Negociação Automatizada

A Negociação automatizada é tratada em outras pesquisas como a busca distribuída de um acordo, em um espaço de acordos, onde estes são definidos através de um conjunto de preferências. Estas preferências contêm os valores aceitáveis para as características dos produtos e para os termos que definirão a transação, e são definidos antes do início da negociação. Portanto, os agentes negociadores raciocinam sobre a escolha do acordo mais adequado, segundo o conjunto de preferências para negociação, e oferece-o para a sua contraparte. Esta visão da negociação automatizada pode ser enriquecida ainda mais, a ponto de refletir melhor as características das negociações do mundo real, assim como melhorar os resultados obtidos.

Com os estudos sobre as principais abordagens em negociação automatizada, destacando-se os trabalhos apresentados no Capítulo 3, percebeu-se que a busca por um acordo na

negociação automatizada pode ser melhorada se determinadas particularidades forem consideradas, de forma a restringir ou alterar as preferências para negociação, ou seja, alterar o espaço de acordos durante a negociação. No caso particular das transações entre consumidores e empresas, estas particularidades podem ser informações provenientes do ambiente em que empresas ou consumidores estão inseridos, assim como informações específicas sobre o consumidor que o agente negociador representa.

Portanto, a fim de oferecer uma solução mais adequada para a negociação automatizada, este problema foi encarado como ilustrado na Figura 7. Além de abordar as regras que regem a interação dos agentes negociadores (modelagem do objeto negociado, protocolo de negociação, tomada de decisão em cima das preferências e restrições), apresentando melhoramentos significativos em relação ao estado-da-arte, buscou-se também aprimorar a tomada de decisão dos agentes negociadores no lado da empresa.

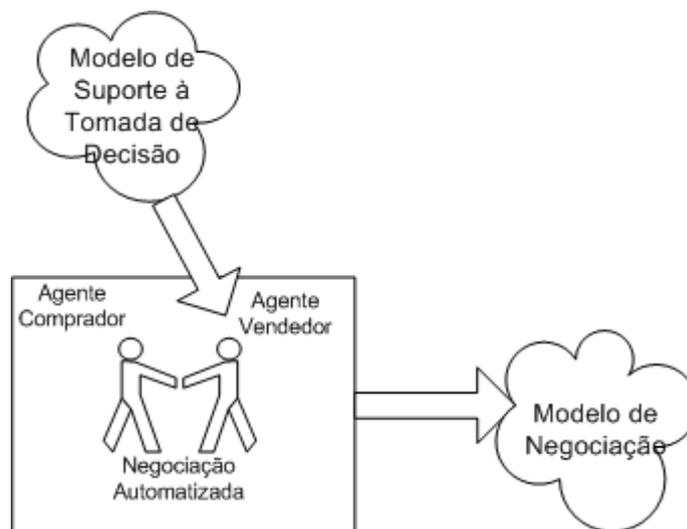


Figura 7 – Soluções para a problemática da negociação automatizada

A forma proposta para apoiar efetivamente esta tomada de decisão é gerar informação de qualidade. Isto significa prover aos agentes negociadores (o agente negociador no lado da empresa) uma infra-estrutura que apóie sua tomada de decisão. Da mesma forma, os agentes negociadores no lado do consumidor poderiam também contar com uma infra-estrutura que apóie suas decisões, entretanto, visto que as informações utilizadas para apoiar as decisões dos agentes negociadores, tanto no lado do consumidor quanto no lado da empresa, são distintas, esta pesquisa se concentra apenas no suporte à tomada de decisão dos agentes negociadores no lado da empresa.

No restante deste capítulo será definido formalmente o modelo de negociação utilizado nesta pesquisa, assim como a proposta de um modelo para dar suporte à tomada de decisão dos agentes negociadores no lado da empresa.

4.2 Modelo de Negociação

Como visto na Seção 3.3, ao tratar da negociação automatizada, três tópicos diferentes precisam ser abordados:

- a modelagem do objeto negociado;
- o protocolo de negociação dos agentes;
- o modelo de tomada de decisão dos agentes.

Um modelo de negociação provê respostas para estes três tópicos, de forma a possibilitar a negociação automatizada. Nesta seção é apresentado o modelo de negociação utilizado nesta pesquisa. Este modelo está baseado em (Faratin, 2000; Paula, 2001), apresentando extensões de forma a melhorar a negociação automatizada e também possibilitar sua integração com o modelo de decisão definido na Seção 4.3.

4.2.1 Protocolo de Negociação

O protocolo de negociação determina *quem* pode fazer *o quê* e *quando*. Como esta pesquisa trata de negociações bilaterais, “*quem*” é definido como sendo dois agentes negociadores, um representando o comprador (consumidor) e outro representando o vendedor (empresa). “*O quê*” são as ações que estes agentes podem executar e “*quando*” determina as condições que precisam ser satisfeitas para os agentes executarem as ações.

Os agentes negociadores poderão utilizar as seguintes ações:

- aceitar uma proposta;
- desistir da negociação;
- enviar uma proposta;
- sugerir produtos alternativos;
- sugerir produtos correlatos;

- oferecer vantagens especiais nos atributos de acordo²¹.

Enviar uma proposta (ou contraproposta), aceitá-la ou desistir da negociação representa as ações básicas para que a negociação possa acontecer. Na primeira, *aceitar uma proposta*, o agente demonstra sua satisfação com uma oferta, aceitando-a e encerrando a negociação. Na segunda, *desistir da negociação*, o agente demonstra que suas preferências não foram satisfeitas com a negociação, então, encerra este processo. A ação *enviar uma proposta* é utilizada pelo agente para iniciar a negociação, propondo um acordo para a contraparte, ou ainda para demonstrar que uma proposta prévia da contraparte não satisfaz suas necessidades, portanto, ele faz sua contraproposta.

As demais ações, *sugerir produtos alternativos ou correlatos* e *oferecer vantagens especiais nos atributos do acordo* são ações que visam aumentar a satisfação de consumidores e empresas com a negociação. Por exemplo, caso a negociação não esteja caminhando para um acordo, a *sugestão de produtos alternativos* pode ser uma solução para que um acordo seja encontrado. Da mesma forma, o agente aproveita de alguma oportunidade para também *sugerir um produto correlato* ao que está sendo negociado, por exemplo, ao negociar uma televisão, oferecer também um aparelho de DVD. A ação de *oferecer vantagens especiais nos atributos de acordo* significa que o agente vendedor encontrou alguma condição durante sua tomada de decisão e resolveu oferecer alguma vantagem em algum dos atributos de acordo, por exemplo, o agente vendedor verificou que o consumidor gera muito lucro para a empresa, então resolveu oferecer um desconto no preço do produto.

A tomada de decisão dos agentes para escolher as ações acima será tratada na Subseção 4.2.3. O protocolo de negociação utilizado pelos agentes está ilustrado na Figura 8, através de um diagrama de estados, o qual mostra a negociação entre dois agentes negociadores *a* e *b*, os quais representam os papéis de comprador e vendedor. Nesta figura, os retângulos representam a execução de um outro protocolo, os círculos são os possíveis estados e as setas são as ações que levam de um estado para outro do protocolo, mas que também podem ser entendidas como as mensagens trocadas entre os agentes. Os rótulos definem o tipo das mensagens trocadas e os valores entre parênteses devem ser entendidos como: (i) o primeiro valor é o remetente da

²¹ Os *atributos de acordo* são atributos que representam os *termos da transação* e que estão sendo negociados pelos agentes. Dado que os *termos da transação* são diversos atributos que podem ser negociados pelos agentes, como preço, prazo de entrega, garantia, etc., os *atributos de acordo* serão um subconjunto dos termos da transação que os agentes escolheram negociar. Por exemplo, os agentes podem decidiram que somente preço e prazo de entrega são importantes para negociação, então estes serão os *atributos de acordo* e os demais *termos da transação*, como a garantia, por exemplo, serão desprezados.

mensagem; (ii) o segundo valor é o destinatário da mensagem; (iii) o terceiro valor, caso exista, é uma proposta P ; (iv) caso não exista nenhum valor entre parêntese, a ação pode ser entendida como uma decisão conjunta entre os agentes, resultante da execução de outro protocolo.

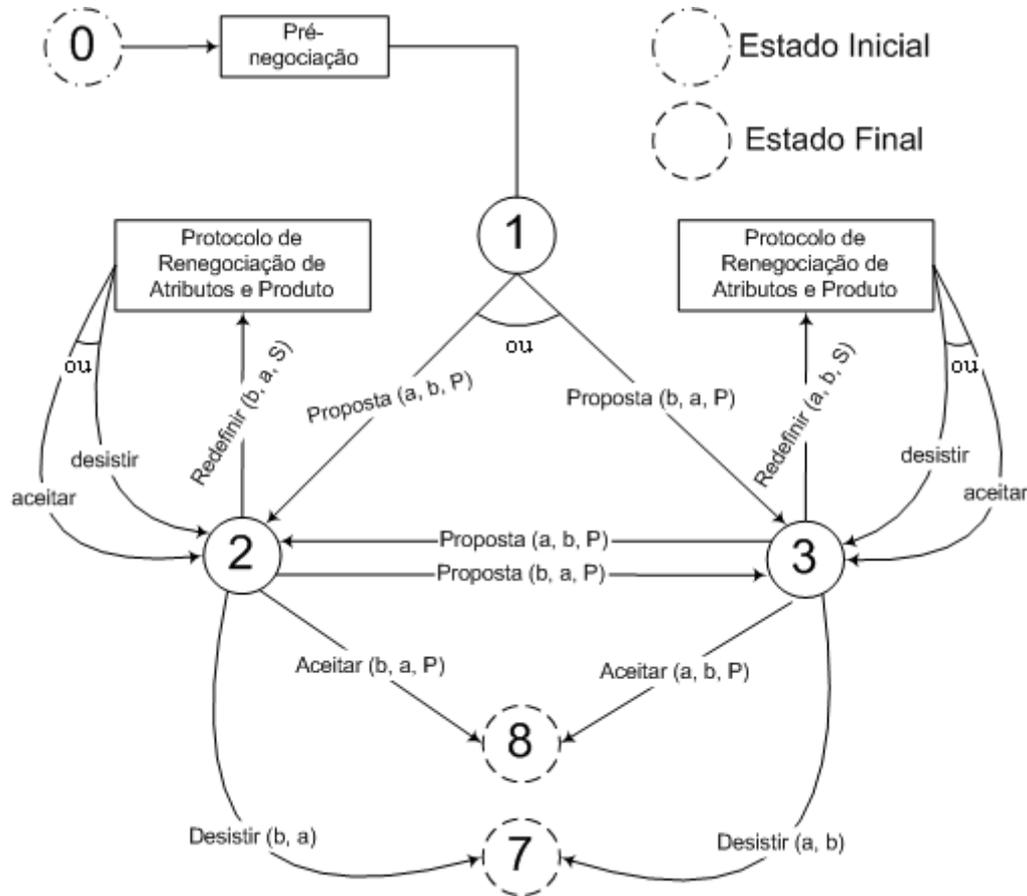


Figura 8 – Protocolo de Negociação

O protocolo é iniciado com uma pré-negociação onde os agentes definem qual o objeto negociado e quais os atributos de acordo. Devido à estrutura da proposta P (ver Subsecção 4.2.2.1), os agentes poderão negociar vários produtos ao mesmo tempo ou somente um produto, conforme necessário. Da mesma forma, é possível que os atributos de acordo sejam todos os termos da transação ou somente um subconjunto destes termos. O resultado da pré-negociação é a mudança para o estado 1 do protocolo.

Em seguida, algum dos agentes (a ou b) emitirá uma proposta P para a sua contraparte, levando para o estado 2 ou 3 do protocolo, dependendo do iniciador da ação. A partir daí, as ações disponíveis para os agentes serão: *enviar uma proposta* (mantendo o protocolo no estado 2 ou 3); *aceitar a proposta* (levando para o estado final 8); *desistir da negociação* (levando para o estado final 7); ou a *sugestão de produtos alternativos ou correlatos*, representada pela ação *redefinir*, a qual dispara o protocolo que redefine o objeto negociado e/ou os atributos de acordo, como ilustrado na Figura

9. O *oferecimento de vantagens especiais em algum dos atributos de acordo* está codificado nas propostas, logo, esta ação não está explicitada no protocolo.

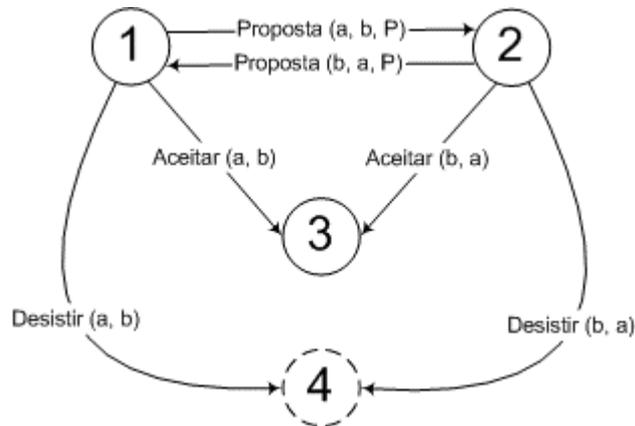


Figura 9 – Protocolo de Renegociação de Produtos

O protocolo de renegociação é um pouco mais simples que o protocolo de negociação e utiliza as mesmas convenções que este. Ele é utilizado durante a pré-negociação e também para redefinição do objeto negociado ou para redefinição dos atributos de acordo. Este protocolo é iniciado quando um dos agentes *a* ou *b* envia uma proposta contendo o objeto a ser negociado e os atributos que definirão o acordo, portanto, levando para o estado 1 ou 2 do protocolo. As propostas neste protocolo dizem respeito à alteração do produto negociado, seja porque um produto alternativo ou oferecido, ou então um produto correlato. Neste protocolo, as propostas também podem ser utilizadas para alterar os atributos de acordo, então, se o preço do produto foi escolhido para ser o atributo de acordo, durante a negociação outros atributos podem ser definidos. Além de emitir propostas, as únicas ações disponíveis no estado 1 ou 2 são aceitar a proposta ou desistir. Neste protocolo, *aceitar* significa que os agentes concordam em negociar o objeto (produto) que foi definido, e *desistir* significa os agentes não chegaram a um acordo quanto ao objeto, ou quanto aos atributos do acordo. Isto significa que os agentes voltarão a negociar com a configuração previamente definida, ou, se estiverem na pré-negociação, a negociação será encerrada.

4.2.2 Modelagem do objeto negociado

Uma questão importante ao definir um modelo de negociação é a representação do objeto negociado. Este objeto poderá ser um bem ou serviço, mas por vezes, ele será tratado simplesmente como um produto. As implicações de ter somente um único atributo para definir o objeto negociado já foram discutidas no Capítulo 3, assim sendo, decidiu-se que a representação levará em conta múltiplos atributos, como as características do objeto e os termos da transação.

Um objeto negociado o é definido como

$$o = \{C, T'\}, \quad (1)$$

onde $C = \{c_1, c_2, \dots, c_p\}$ são p atributos que descrevem características para o objeto negociado, $T' = \{t_1, t_2, \dots, t_q\}$ são os q atributos do acordo, $T = \{t_1, t_2, \dots, t_r\}$ são os r termos da transação e $T' \subseteq T$.

Em uma empresa de turismo, por exemplo, o objeto negociado o pode ser uma passagem de avião. Assim, o objeto negociado poderia ter $C = \{empresa, origem, destino, data, horário, assento\}$ como os atributos que descrevem suas características, $T = \{preço, multa_cancelamento\}$ como os termos da transação disponíveis para negociação e $T' = \{preço\}$ como os atributos de acordo definidos pelos agentes compradores e vendedores.

Cada característica $c_i \in C$ tem seu valor V_i^c , onde $V_i^c \in \{v_1^{c_i}, v_2^{c_i}, \dots, v_p^{c_i}\}$ ou $V_i^c \in [v_{\min}^{c_i}, v_{\max}^{c_i}]$, restritos a um conjunto discreto ou um intervalo de valores. Da mesma forma, cada $t_j \in T$ tem um valor V_j^t , onde $V_j^t \in \{v_1^{t_j}, v_2^{t_j}, \dots, v_p^{t_j}\}$ ou $V_j^t \in [v_{\min}^{t_j}, v_{\max}^{t_j}]$, também restritos a um conjunto discreto ou um intervalo de valores.

No caso da empresa de turismo, por exemplo, a característica *empresa* poderia ter seus valores restritos pelo conjunto $V^{empresa} \in \{varig, GOL, BRA\}$. Da mesma forma, as demais características também teriam seus possíveis valores. Já os termos da transação poderiam ter os seguintes valores: $preço = V^{preço}$, onde $V^{preço} \in [100, 200]$, e $multa_cancelamento = V^{multa}$, onde $V^{multa} \in \{5\%, 10\%, 20\%\}$.

4.2.2.1 Representação das Propostas

As propostas trocadas entre os agentes são definidas como

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_s\}, \quad (2)$$

onde cada subproposta p_i diz respeito a um objeto diferente, sendo definida como

$$p_i = \{o, d\}. \quad (3)$$

o é objeto negociado e a tupla d explicita vantagens para os termos da transação. Quando os agentes acordam que mais de um objeto será negociado ao mesmo tempo, conseqüentemente, tendo uma proposta P formada por várias subpropostas p_p , não há a possibilidade de aceitar a subproposta relativa a um objeto, encerrando a negociação com um acordo em relação a este objeto e não-acordo em relação aos demais. Para que isto seja possível, por exemplo, os agentes teriam que iniciar o protocolo de renegociação e definir que a negociação se daria somente em relação a um dos objetos.

Continuando com o exemplo da empresa de turismo, os agentes podem negociar um pacote de turismo. Desta forma, p_1 poderia se referir às passagens aéreas, p_2 ao hotel, p_3 aos pacotes com passeis e programações culturais e assim por diante. Como dito anteriormente, não é possível que um agente comprador aceite somente a negociação em relação às passagens e rejeitando o hotel, logo, fechando um acordo que resulta somente nas passagens. Para que isto aconteça, seria necessário que eles redefinissem o objeto negociado somente para a passagem.

Para um determinado objeto o que contém m atributos do acordo, $d = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ são vantagens especiais em cada atributo de acordo, assim sendo, cada d_j corresponde a um termo da negociação t_j e os valores possíveis para cada d_j são os mesmos possíveis para t_j .

Quando um d_j não contém nenhum valor, isto significa que nenhuma vantagem está sendo oferecida no atributo de acordo com o qual d_j está relacionado. Entretanto, quando d_j contém algum valor, isto significa que alguma condição foi percebida e um valor mais vantajoso que o valor determinado por t_j está sendo oferecido. Desta forma, o valor do atributo t_j deve ser substituído pelo valor contido em d_j . Por exemplo, o agente vendedor percebeu que é a trigésima vez em um ano que um cliente se hospeda em um determinado hotel, então resolveu oferecer uma semana de graça. Portanto, o atributo *número_de_diárias* tem 7 dias a mais, embora o valor cobrado seja o mesmo.

Para uma proposta $p_i = \{o, d\}$, tem-se $o = \{C, T'\}$, $C = \{c_1 = v_{k_1}^{c1}, c_2 = v_{k_2}^{c2}, \dots, c_p = v_{k_p}^{cp}\}$, $T' = \{t_1 = v_{k_1}^{t1}, t_2 = v_{k_2}^{t2}, \dots, t_q = v_{k_q}^{tq}\}$ e $d = \{d_1 = v_{k_1}^{d1}, d_2 = v_{k_2}^{d2}, \dots, d_q = v_{k_q}^{dq}\}$.

Seguindo as definições desta seção, uma proposta entre um agente comprador (representando o consumidor) e um agente vendedor (representando uma agência de turismo) negociando um pacote de turismo, poderia ser definida da seguinte forma: $P = \{p_1, p_2\}$, onde $p_1 = \{o_1, d_1\}$, $p_2 = \{o_2, d_2\}$, $o_1 = \{C_1, T'_1\}$, $o_2 = \{C_2, T'_2\}$, $C_1 = \{empresa = TAM, origem = Maceió, destino = Natal, dia = 31/05, hora = 08:00, assento = 1\}$

, $C_2 = \{\text{nome} = \text{Meliá}, \text{estrelas} = 5, \text{quarto} = \text{simples}, \text{diárias} = 3\}$, $T_1 = \{\text{preço} = \text{R\$}200,00\}$, $T_2 = \{\text{preço} = \text{R\$}600,00\}$, $d_1 = \{\text{preço} = \}$ e $d_2 = \{\text{preço} = \text{R\$}540,00\}$. Esta configuração mostra os agentes negociando um pacote de turismo, o qual contém dois objetos: uma passagem e uma reserva no hotel. As características destes dois objetos são definidas por C_1 e C_2 . O atributo de acordo é somente o preço, tanto para o primeiro objeto, quanto para o segundo. E um desconto de 10% está sendo oferecido na reserva do hotel.

4.2.3 Tomada de Decisão

O modelo de tomada de decisão dos agentes negociadores é definido nesta subseção, onde dois tipos de funções assumem papéis fundamentais: funções de avaliação e funções de interpretação.

4.2.3.1 Funções de Avaliação

Para ajudar na tomada de decisão, várias funções de avaliações são utilizadas para medir a utilidade dos valores dos atributos que descrevem as características dos produtos e dos atributos do acordo, gerando, então, a utilidade dos objetos negociados e das propostas. Estas funções avaliam a utilidade de uma determinada entrada como sendo um valor no intervalo $[-\infty; 1]$.

A função para avaliação das características do objeto negociado $A_i^C : c_i \rightarrow [-\infty; 1]$, toma como entrada o valor para uma determinada característica c_i e avalia a utilidade do valor dessa característica. Na verdade, o valor para a característica c_i é avaliado no intervalo $[0; 1]$, onde 0 é o pior valor da avaliação e 1 é o melhor valor da avaliação. Caso o valor dessa característica c_i esteja fora dos valores permitidos, então ela é avaliada como $-\infty$.

Por exemplo, suponha o atributo *empresa_aérea* que descreve uma característica do produto *passagem de avião*. Considere então os valores possíveis para este atributo sendo definido pelo conjunto $\{\text{varig}, \text{GOL}, \text{BRA}\}$. Uma função de avaliação para este atributo vai mapear cada um destes valores no intervalo $[0; 1]$. Um exemplo deste mapeamento é dado logo abaixo.

$$A_i^{\text{empresa_aérea}}(\text{empresa_aérea} = \text{varig}) = 0,5$$

$$A_i^{\text{empresa_aérea}}(\text{empresa_aérea} = \text{GOL}) = 0,7$$

$$A_i^{\text{empresa_aérea}}(\text{empresa_aérea} = \text{BRA}) = 0,9$$

$$A_i^{\text{empresa_aérea}}(\text{empresa_aérea} = \text{TAM}) = -\infty$$

Como a empresa TAM não está definida dentro dos valores possíveis, a utilidade dessa característica é $-\infty$.

A função $A^C : C \rightarrow [-\infty;1]$, que toma como entrada o conjunto de todas as características C para um dado objeto negociado, é definida da seguinte forma:

$$A^C(C) = W_1^c \cdot A_1^c(c_1) + W_2^c \cdot A_2^c(c_2) + \dots + W_n^c \cdot A_n^c(c_n), \quad (4)$$

onde W_i^c é o peso normalizado para cada característica c_i , significando que $\sum_{j=1}^n W_j^c = 1$. Portanto, a função A^C combina a utilidade de todas as características, retornando um único valor que representa a utilidade dessas características, onde os pesos determinam importâncias diferentes a cada característica do objeto negociado. Desta forma, pode-se definir quais as características mais importantes do objeto negociado e até mesmo, definir que algumas características não influenciam na negociação com um peso zero.

De forma similar, a função para avaliação dos atributos do acordo $A^t : t_j \rightarrow [-\infty;1]$ toma como entrada o valor para um determinado atributo do acordo t_j e avalia a utilidade do valor deste atributo de acordo. Assim como nas características do produto, a avaliação dos atributos de acordo resultada um valor no intervalo $[0;1]$, e o valor $-\infty$ é utilizado somente se o valor do atributo não for permitido.

A função $A^T : T \rightarrow [-\infty;1]$, que toma como entrada o conjunto de atributos de acordo t_j para um dado objeto negociado, é definida da seguinte forma:

$$A^T(T) = W_1^t \cdot A_1^t(t_1) + W_2^t \cdot A_2^t(t_2) + \dots + W_m^t \cdot A_m^t(t_m), \quad (5)$$

onde W_i^t é o peso normalizado para cada atributo do acordo t_j , portanto, $\sum_{j=1}^n W_j^t = 1$. A função A^T combina a utilidade de todos os atributos de acordo, retornando um único valor que representa a utilidade destes atributos. Também para os atributos do acordo é possível determinar importâncias diferentes através dos pesos como, por exemplo, definir que o agente leve mais em consideração o prazo de entrega do que o preço negociado.

Para as subpropostas p_i , têm-se uma função de avaliação $A_p : p_i \rightarrow [-\infty;1]$, que retorna suas utilidades. Isto se dá com a combinação ponderada das avaliações das características do objeto negociado e dos atributos do acordo. Esta função é definida da seguinte forma:

$$A_p(p_i) = W_C \cdot A_C(C) + W_A \cdot A_A(T'), \quad (6)$$

onde W_C e W_A são os pesos normalizados para as características do objeto negociado e para os atributos de acordo, ou seja, $W_C + W_A = 1$. Isto permite que mais importância possa ser dada às

características do objeto negociado ou aos atributos de acordo, ou seja, em determinadas situações a avaliação de uma proposta será influenciada mais pelos atributos de acordo ou os pelos atributos que descrevem as características.

Para a avaliação de uma proposta P é utilizada uma função de avaliação $A : P \rightarrow [-\infty; 1]$ que retorna sua utilidade. Esta função combina de forma ponderada a avaliação de cada produto p_i contido na proposta e é definida da seguinte forma:

$$A(P) = W_1^p \cdot A_p(p_1) + W_2^p \cdot A_p(p_2) + \dots + W_h^p \cdot A_p(p_h), \quad (7)$$

onde cada W_i representa os pesos de cada produto na negociação e $\sum_{j=1}^n W_j = 1$, portanto, importâncias diferentes podem ser dadas aos vários produtos negociados.

Graficamente essas funções de avaliação podem ser vistas conforme ilustrado na Figura 10. Uma proposta P , composta de b subpropostas para b produtos, deve ser avaliada. Cada subproposta p_i é então avaliada por uma função A_p e o resultado da avaliação é combinado segundo um peso W_p , o qual se refere à importância de cada produto na avaliação geral. Para a avaliação de uma subproposta p_b , os atributos que descrevem as características do produto são avaliados pelas suas respectivas funções de avaliação, e essa avaliação é combinada segundo um peso W_j que descreve a importância de cada característica na avaliação, resultando na avaliação geral das características do produto. Da mesma forma, os atributos de acordo também são avaliados por suas respectivas funções de avaliação e combinados segundo seus pesos W_i . Finalmente, os valores das avaliações dos atributos que descrevem as características e os atributos de acordo são combinados segundo os pesos W_i e W_p , resultando na avaliação geral do produto.

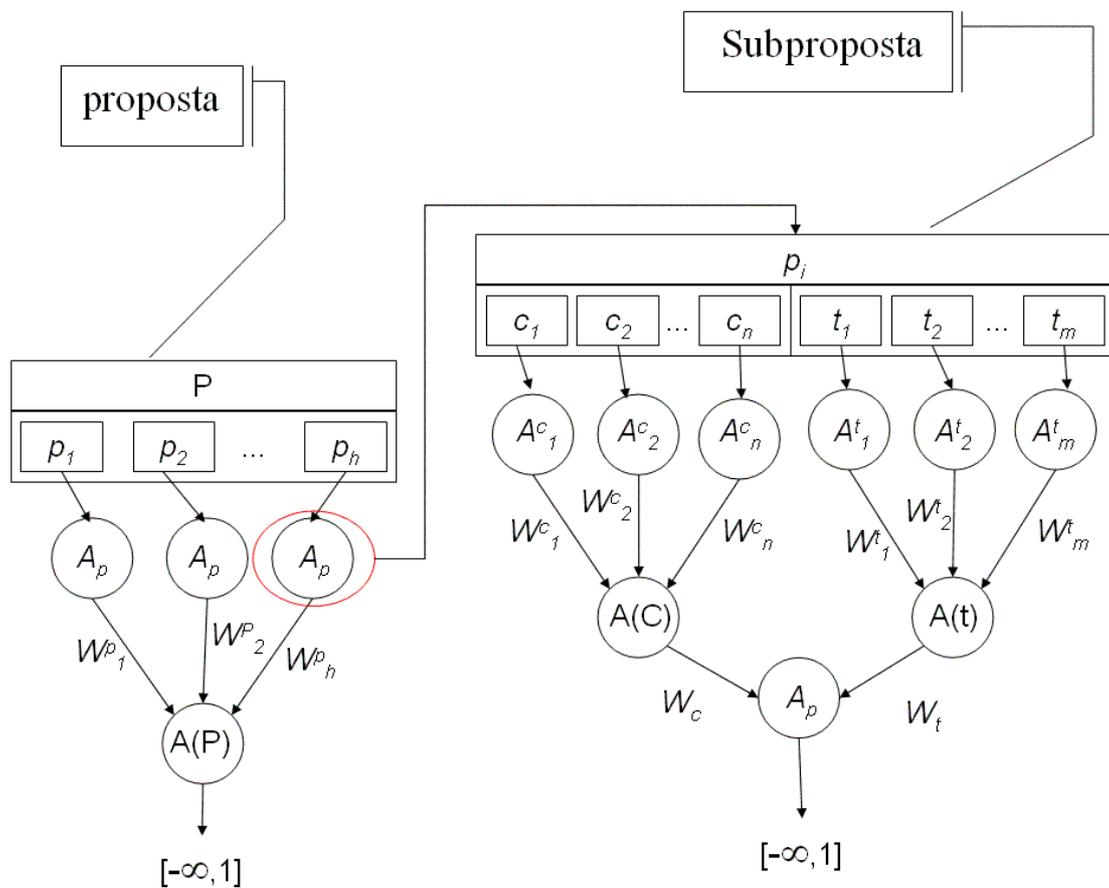


Figura 10 – Funções de Avaliação

Para facilitar o entendimento, considere o exemplo ilustrado pela Figura 11, onde uma proposta P deve ser avaliada. Esta proposta contém dois produtos, p_1 =passagem e p_2 =hotel, os quais são avaliados por uma função A_p . Para simplificar o exemplo, somente a avaliação do produto p_2 será discutida em detalhes. Para o produto p_2 , os atributos que descrevem a característica e o acordo são avaliados por suas respectivas funções de avaliação A^c e A^t . No caso das características, o resultado da avaliação foi $A^c_1=0,8$ e $A^c_2=0,6$ para as características quarto e diária. Neste exemplo, os pesos das características são iguais ($w^c_1=0,5$ e $w^c_2=0,5$), logo, elas têm a mesma influencia na avaliação geral das características, resultando em $A(C)=0,7$. Em relação aos atributos de acordo, como só existe o atributo *preço*, a avaliação deste atributo é também o resultado da avaliação dos atributos de acordo, ou seja, $A(T)=0,9$. A avaliação das características e dos atributos de acordo são então combinados segundo os pesos $W_c=0,6$ e $W_t=0,4$. Isto mostra que as característica influenciarão mais que os atributos de acordo na avaliação final, então, a avaliação do produto $p_2=0,78$. Este resultado é combinado com a avaliação do produto p_1 ($A_p(p_1)=0,82$) e considerando os pesos $W^{p_1}=0,2$ e $W^{p_2}=0,8$, resultando na avaliação final da proposta $A(P)=0,788$.

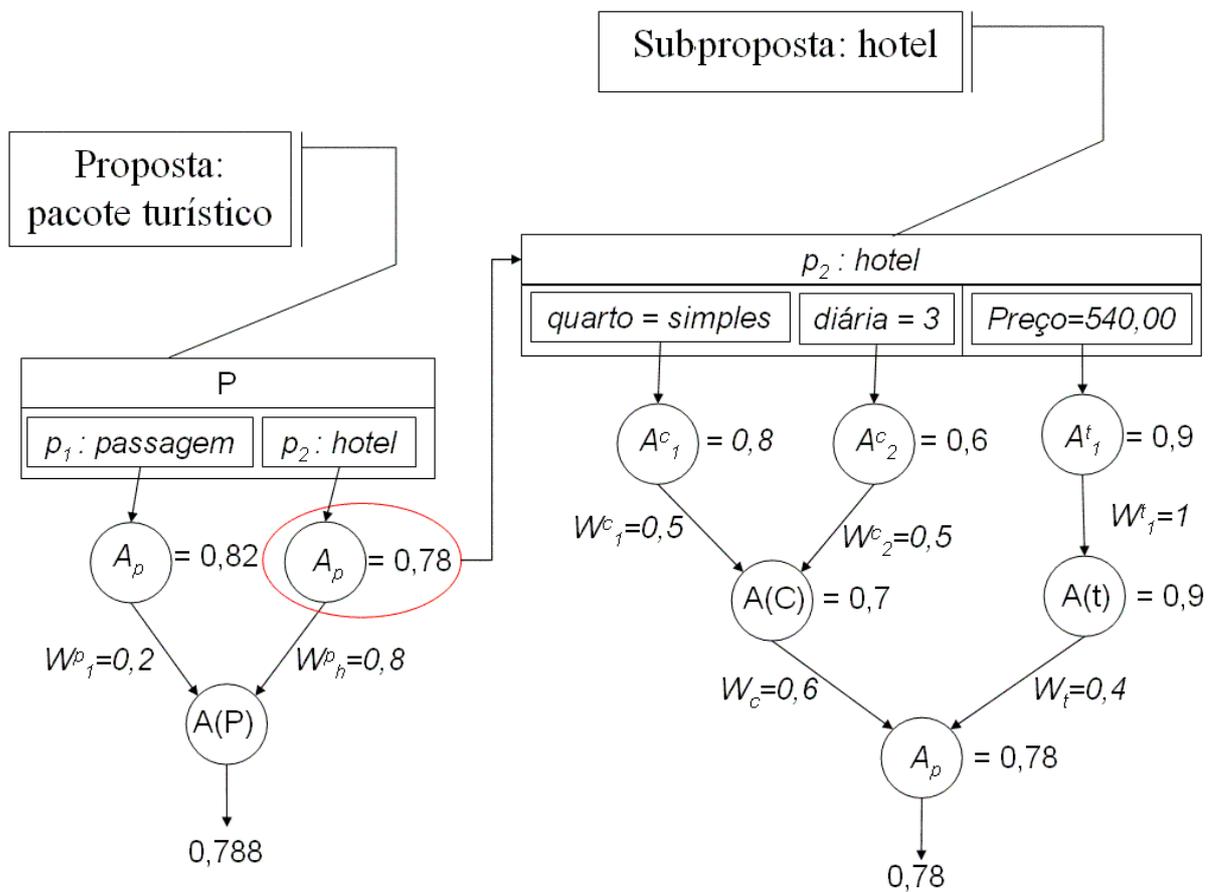


Figura 11 – Exemplo de avaliação de uma proposta

4.2.3.2 Função de Interpretação

A escolha da próxima ação a ser executada pelo agente é feita pela seguinte função de interpretação I

$$I(\tau, \tau_{\max}, P_{b \rightarrow a}^{\tau}, P_{a \rightarrow b}^{\tau+1}) = \begin{cases} \text{aceitar } P_{b \rightarrow a}^{\tau}, & \text{Se } A(P_{b \rightarrow a}^{\tau}) > A(P_{a \rightarrow b}^{\tau+1}) \\ \text{desistir,} & \text{Se } \tau > \tau_{\max} \\ \text{caso contrário, envie } P_{a \rightarrow b}^{\tau+1} \end{cases}, \quad (8)$$

onde τ é o tempo corrente da negociação, τ_{\max} é o tempo máximo para negociar, $P_{b \rightarrow a}^{\tau}$ é uma proposta gerada no tempo τ enviada do agente b para a e $P_{a \rightarrow b}^{\tau+1}$ é a contraproposta que a gerou ao receber a proposta $P_{b \rightarrow a}^{\tau}$.

Quando o agente a recebe uma proposta P , ele imediatamente gera uma contraproposta. Após a geração da proposta, sua decisão será de desistir da negociação se o tempo máximo para negociar tiver sido alcançado. Aceitará a proposta recebida da contraparte se a utilidade dessa

proposta for maior que a utilidade da contraproposta imediatamente gerada. Caso contrário, o agente enviará a contraproposta gerada para a contraparte²².

As demais ações, sugerir produtos alternativos, sugerir produtos correlatos e oferecer vantagens nos termos da transação estão diretamente relacionadas com o suporte à decisão dos agentes negociadores, portanto, serão discutidas na Seção 4.3.2.3.

4.2.3.3 Geração das propostas

As propostas são geradas por uma função $g \in G$ que escolhe o valor mais adequado para cada um dos atributos de acordo. Estas funções estão baseadas nas táticas, as quais foram introduzidas por Faratin em sua pesquisa (Faratin, Sierra *et al.*, 1998).

As táticas são um conjunto de funções que determinam como computar os atributos de acordo de uma proposta (preço, duração, qualidade, etc.) considerando um único critério como o tempo restante para negociar, os recursos disponíveis ou o comportamento da contraparte. Para criar a sua contraproposta o agente pode usar uma única tática ou combiná-las, atribuindo pesos a cada uma dessas funções.

Nesta pesquisa são utilizadas as *táticas dependentes do tempo*. Esta família de táticas tem o tempo como fator predominante para decidir qual o valor a ser oferecido em um tempo τ , e consiste em variar o valor da proposta em função do tempo restante para negociação.

Um agente a tem até τ_{max}^a para chegar a um acordo com o agente b . Neste sentido, uma função $\alpha : \tau \rightarrow [\min_i^t, \max_i^t]$ é utilizada para retornar a utilidade da próxima proposta a ser oferecida. A partir do valor retornado pela função $\alpha^a(\tau)$, diversas funções ρ são utilizadas para mapear a utilidade retornada nos atributos de acordo das próximas propostas. Existe uma restrição para os valores \min_i^t e \max_i^t :

- dado o atributo de acordo t_i , o seu conjunto de valores possíveis V_i^T , o valor v_{min}^i que possui a menor utilidade dentre os valores de V_i^T e o valor v_{max}^i que possui a maior utilidade dentre os valores de V_i^T , $\min_i^t = A_i^t(v_{min}^i)$ e $\max_i^t = A_i^t(v_{max}^i)$.

²² No caso onde um atributo que descreve uma característica do produto, ou um atributo que descreve o acordo, é avaliado como $-\infty$, mesmo utilizando vários pesos, a avaliação final da proposta será $-\infty$. Isto significa que o atributo tinha um valor não permitido e, por isso, a proposta será rejeitada. Caso a avaliação de um valor não permitido fosse zero, a avaliação de uma proposta recebida com um valor não permitido poderia ser maior que a avaliação de uma proposta gerada para enviar à contraparte, portanto, a proposta poderia ser aceita (Paula, Ramos *et al.*, 2001).

Para cada termo da negociação t_j uma função $\rho_i^t : [0;1] \rightarrow V_i^T$ mapeia a utilidade retornada por $\alpha^a(\tau)$ em um dos valores V_i^T permitidos para t_j . Caso o valor exato da utilidade não possa ser mapeado, o valor mais próximo o será. O conjunto T' contendo as propostas de valores para os termos da negociação é então gerado por uma função g , da seguinte forma:

$$g(\alpha(\tau)) = T' = \{t_1 = \rho_1^t(\alpha(\tau)), t_2 = \rho_2^t(\alpha(\tau)), \dots, t_i = \rho_i^t(\alpha(\tau))\}. \quad (9)$$

Por exemplo, supondo o atributo de acordo $multa_desistência = \{10\%, 15\%, 20\%, 25\%\}$ e as utilidades retornadas pela função de avaliação sendo $A^{multa_desistência}(10\%) = 0,4$, $A^{multa_desistência}(15\%) = 0,6$, $A^{multa_desistência}(20\%) = 0,8$ e $A^{multa_desistência}(25\%) = 1$. Neste caso, os valores mínimo e máximo que a função $\alpha^a(\tau)$ poderia retornar seriam respectivamente 0,4 e 1. Suponha que num tempo $\tau = 2$, $\alpha(2) = 0,6$. Conseqüentemente $\rho^{multa_desistência}(0,6) = 15\%$ e $g(\alpha(2)) = T' = \{multa_desistência = 15\%, \dots\}$.

Um grande intervalo de funções dependentes do tempo pode ser expresso aqui, bastando apenas variar a função α , entretanto, as seguintes restrições devem ser consideradas:

- $\min_i^t \leq \alpha(\tau) \leq \max_i^t$, ou seja, a função α sempre deve retornar valores dentro do intervalo de valores mínimo e máximo para utilidade do atributo de acordo t_i ;
- $\alpha(0) = \max_i^t$, ou seja, para o tempo 0 (início da negociação) o valor \max_i^t para o atributo t_i será retornado;
- $\alpha(\tau_{max}^a) = \min_i^t$, ou seja, para o tempo τ_{max}^a o valor mínimo para a utilidade do atributo t_i será retornado.

Duas famílias de funções, *polinomial* e *exponencial*, são destacadas aqui, dentre as inúmeras que poderiam ser usadas. Ambas são parametrizadas por um $\beta \in \mathfrak{R}^+$ que determina o grau de convexidade da curva e são definidas assim:

- Polinomial:

$$\alpha_j^a(\tau) = 1 - \left[(1 - \max_i^\tau) + (\max_i^\tau - \min_i^\tau) \left(\frac{\min(\tau, \tau_{max})}{\tau_{max}} \right)^{\frac{1}{\beta}} \right]$$

- Exponencial:

$$\alpha_j^a(\tau) = (1 + \min \tau_i) - \left(e^{\left(1 - \frac{\min(\tau, \tau_{\max})}{\tau_{\max}} \right)^{\frac{1}{\beta}} \ln(1 - \max \tau_i + \min \tau_i)} \right)$$

Essas duas famílias de funções foram escolhidas por modelarem de forma diferentes a forma de concessão. Por exemplo, para valores onde $\beta > 1$, o comportamento das funções é de conceder utilidades mais baixas mais rapidamente. Já para valores onde $\beta < 1$, o comportamento das funções pode ser descrito como ambicioso, pois as funções só começam a conceder os valores mais baixos para a utilidade perto do tempo final τ_{\max} . A Figura 12 mostra dois gráficos, um para função polinomial e outro para função exponencial. Estes gráficos ilustram situações com valores distintos para β , onde os valores $\min \tau_i$ e $\max \tau_i$ são respectivamente 0 e 0,9.

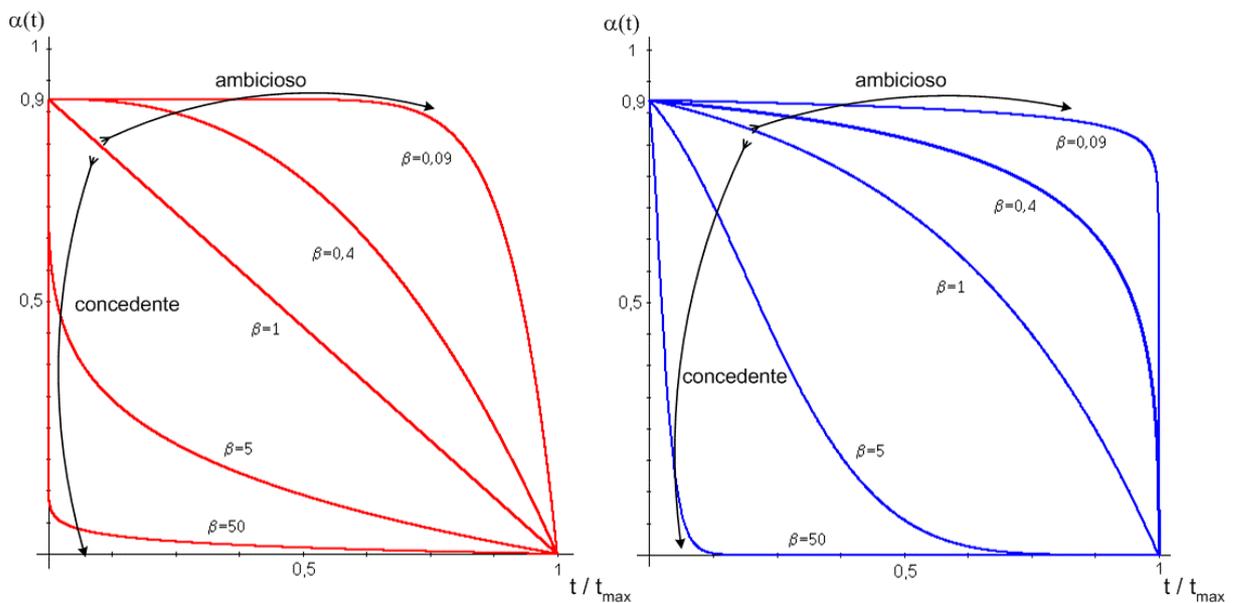


Figura 12 – Funções Polinomial e Exponencial

4.3 Modelo de Suporte à Tomada de Decisão

Além de tratar a negociação automatizada com a modelagem deste processo, esta pesquisa aborda este problema através de um modelo que fornece um suporte à tomada de decisão dos agentes negociadores no lado da empresa. Neste sentido, a presente seção descreve este modelo.

4.3.1 Visão geral

Ao negociar com seus clientes, uma empresa define em conjunto com estes os termos pelos quais uma transação será concretizada como, por exemplo, o preço de venda, o prazo para

entrega do produto, a forma de pagamento, serviços, dentre outras opções. Durante esta negociação, opções diferentes podem ser oferecidas a clientes diferentes como, por exemplo, descontos maiores para alguns clientes, juros mais baixos para outros, etc.

Estas opções diferenciadas na negociação estão baseadas nas informações presentes no ambiente da empresa que possuem influência direta na negociação. Por exemplo, o preço de um pacote de turismo dependerá do relacionamento da empresa de turismo com hotéis, restaurantes, companhias aéreas e até mesmo com os clientes, concorrência, etc. Supondo que um cliente está achando muito caro um pacote de turismo e que ele é considerado um ótimo cliente, pois gera um bom lucro para empresa, seria razoável oferecer um desconto ou alguma outra vantagem de forma a garantir a efetivação da transação, assim como a satisfação do cliente.

Portanto, partindo de uma visão holística da empresa, a qual possui diversos relacionamentos com entidades do seu ambiente externo e estes possuem variáveis que podem interferir nas negociações, foi projetado o modelo para dar suporte à tomada de decisão dos agentes negociadores no lado da empresa.

Entretanto, além das variáveis provenientes dos relacionamentos da empresa com o ambiente externo, existem também outras variáveis internas à própria empresa que também podem influenciar na negociação. Por exemplo, a quantidade de quartos vagos em um hotel, ou a quantidade de reservas para o dia seguinte são variáveis internas que podem ser consideradas na negociação entre um hotel e os clientes (hospedes). Estar em alta temporada, variações no mercado financeiro, o serviço praticado pelos concorrentes são exemplos de variáveis providas do ambiente externo.

Mas as variáveis por si só não dizem como a negociação poderá ser influenciada. É preciso que estas variáveis passem por certa análise, resultando em informações que possam ser utilizadas na negociação. Por exemplo, a partir do relacionamento entre uma empresa e seus clientes é possível dizer se certo cliente é lucrativo ou não. O fato de um determinado consumidor ser cliente da empresa não indica se ele deve ser favorecido com um desconto. Somente a partir de uma análise, por exemplo, comparando-o com outros clientes ou fazendo uma segmentação dos clientes, é que é possível extrair informações para negociação, como a afirmação *o cliente é lucrativo*.

De uma forma geral, a abordagem dessa pesquisa para melhorar a negociação automatizada busca considerar essa visão mais completa da empresa, onde os seus relacionamentos com o ambiente podem influenciar na negociação. Neste sentido, a empresa é vista como uma entidade que tem um relacionamento de negociação com os clientes, e que tem

vários relacionamentos com seu ambiente, os quais podem influenciar na negociação. A Figura 13, baseada em Michael Porter, ilustra esta visão através de alguns relacionamentos escolhidos como exemplo.

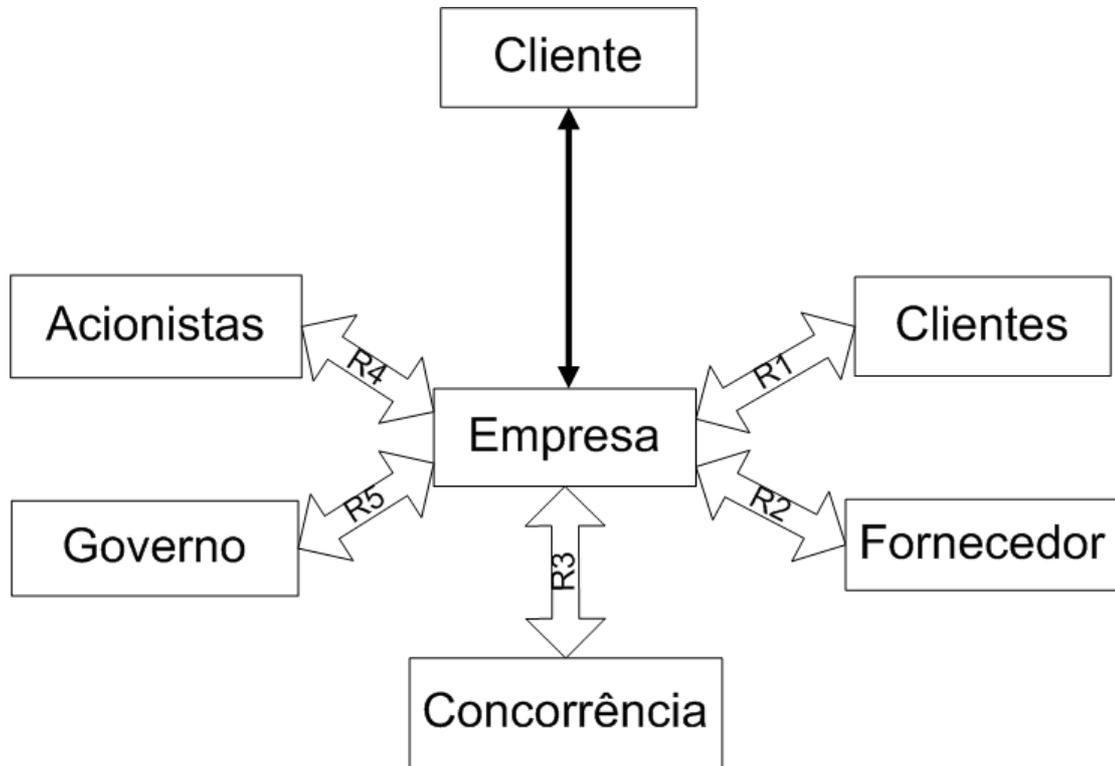


Figura 13 – Exemplo de relacionamentos da empresa com seu ambiente.

A partir da visão empresa–relacionamentos²³, busca-se então prover uma infra-estrutura de informação para apoiar as decisões dos agentes negociadores (inicialmente no lado da empresa). Através desta infra-estrutura, a empresa deve ser capaz de definir quais os relacionamentos que são importantes para a negociação, quais variáveis destes relacionamentos devem ser observadas e que mecanismos devem ser utilizados para o monitoramento e tratamento analítico dessas variáveis, resultando em informações úteis para serem utilizadas na negociação.

Com as informações que surgem a partir das variáveis monitoradas e analisadas, têm-se um conhecimento parcial para ser utilizado na negociação. Este conhecimento precisa estar

²³ O termo *relacionamento da empresa* é utilizado para designar um conjunto de variáveis provindas do relacionamento da empresa com seu ambiente externo, as quais podem influenciar na negociação com o consumidor. Entretanto, este termo também será utilizado para designar variáveis internas à própria empresa, que também influenciam na negociação como, por exemplo, variáveis do provindas do estoque da empresa.

relacionado com o processo de negociação, definindo estratégias para serem utilizadas na mesma. Por exemplo, não basta apenas saber que *fulano* é um consumidor da empresa ou que *fulano* é um consumidor lucrativo, é preciso ter especificado como utilizar essa informação, ou seja, é preciso definir que *se existir um fulano lucrativo, então ofereça um desconto de 10%*. Portanto, a infra-estrutura para apoiar as decisões dos agentes negociadores deve possibilitar a definição de estratégias para negociação, que reflitam o conhecimento da empresa sobre a negociação, utilizando as informações monitoradas e analisadas.

4.3.2 Definição do Modelo de Decisão

O modelo de suporte à tomada de decisão discutido nesta subseção reflete a discussão acima. Ele é definido mapeando os relacionamentos da empresa em *organizações de agentes de suporte*, os quais são responsáveis por monitorar e analisar as variáveis para estes relacionamentos e inferir estratégias a serem utilizadas pelos agentes negociadores, baseado nas variáveis monitoradas e analisadas, e no conhecimento da empresa sobre a negociação de produtos. A partir daí, as informações que os agentes negociadores utilizam para negociar um produto, são enviadas para as organizações de suporte, e são redefinidas de forma a refletirem melhores estratégias para a negociação.

Como este modelo de suporte à tomada de decisão também leva em consideração as informações dos agentes negociadores, ele é definido em duas perspectivas. Primeiramente, é definida a relação entre os agentes negociadores e sua contraparte²⁴, de forma a identificar as informações que serão enviadas aos agentes de suporte. Em seguida, é definida a relação de suporte à decisão oferecida pelos agentes de suporte aos agentes negociadores da empresa.

Esta visão está ilustrada na Figura 14, onde a interação entre o agente negociador e sua contraparte é chamada de *relacionamento de negociação*, e a interação entre o agente negociador e as organizações de agentes de suporte é chamada de *relacionamento de suporte à decisão*. As organizações de agentes de suporte, às vezes chamadas simplesmente de agentes de suporte, são os relacionamentos da empresa mapeados em organizações de agentes.

²⁴ Contanto que a contraparte siga o protocolo de negociação especificado, não importa se ela é um consumidor humano ou outro agente negociador. Por exemplo, um agente de interface poderia ser utilizado para que um consumidor humano pudesse negociar diretamente com um agente negociador. Portanto, por vezes será utilizado o termo *consumidor*, ou o termo *agente negociador no lado do consumidor* para designar a *contraparte* do agente negociador no lado da empresa.

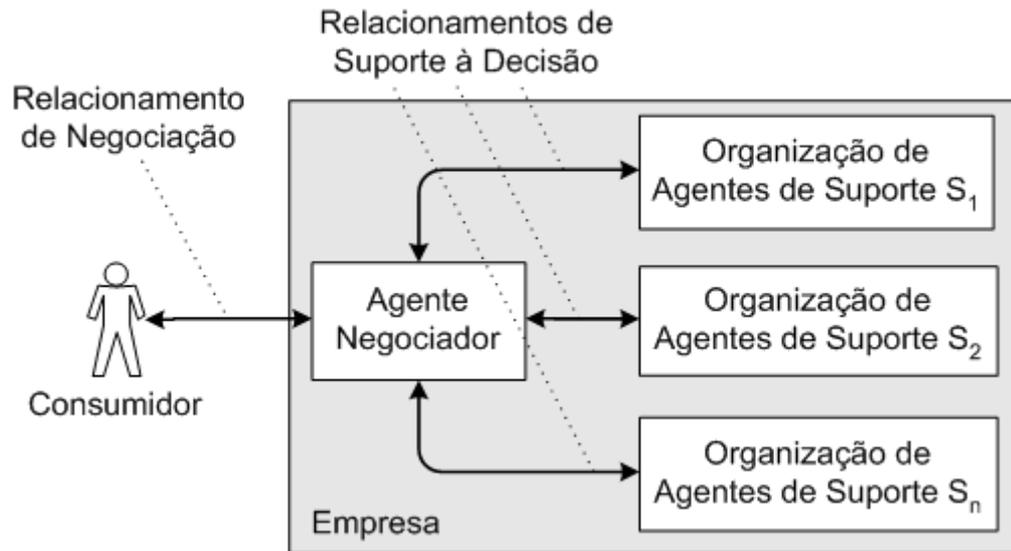


Figura 14 – Relacionamentos do Agente Negociador

4.3.2.1 Relacionamento de Negociação

Neste primeiro relacionamento dá-se a troca de propostas e contrapropostas entre os agentes negociadoras, com vistas à definição dos termos da transação. É através desta troca de informações que ambas as partes demonstram suas preferências em relação aos termos da transação, como também cedem na proposição destes termos, buscando um acordo mutuamente aceitável.

Este relacionamento é definido através do modelo de negociação apresentado na Seção 4.2, mas para o modelo de decisão ele é visto da seguinte forma:

$$R^{Negociação} = (H^{propostas}, H^{contra-propostas}, Q, G, W^G), \quad (10)$$

onde $H^{propostas}$ e $H^{contra-propostas}$ são os históricos das propostas recebidas e enviadas, Q é uma tupla de preferências para negociação de um ou vários objetos, G são as funções para geração das contrapropostas e W^G são os pesos relativos às funções G .

As propostas contidas nos históricos de propostas recebidas e enviadas $H_i^{propostas} = (P_1^i, P_2^i, \dots, P_n^i)$ e $H_j^{contra-propostas} = (P_1^j, P_2^j, \dots, P_m^j)$ utilizam a mesma definição de proposta apresentada na Subseção 4.2.2.1.

Visto que os agentes podem negociar sobre k objetos ao mesmo tempo, $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_k\}$ definem as preferências para esta negociação destes objetos, onde cada q_i diz respeito a algum objeto e são definidas da seguinte forma:

$$q_i = (C, A^C, W^C, T, T', A^T, W^T, D), \quad (11)$$

onde $C = \{c_1, c_2, \dots, c_p\}$ representa um produto através de suas n características; $A^C = \{A_1^c, A_2^c, \dots, A_n^c\}$ são as n funções de avaliação para as característica C ; $W^C = \{W_1^c, W_2^c, \dots, W_n^c\}$ são os n pesos de cada característica c_i e que são utilizados na avaliação do objeto negociado o ; $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ são os m termos da negociação possíveis para o objeto negociado o ; $T' = \{t_1, t_2, \dots, t_h\}$ são os h atributos de acordo, os quais são um subconjunto dos termos da negociação, onde $h \leq m$; $A^T = \{A_1^t, A_2^t, \dots, A_m^t\}$ são as m funções de avaliação para os termos da transação T ; $W^T = \{W_1^t, W_2^t, \dots, W_m^t\}$ são os m pesos de cada termo t_j e que são utilizados na avaliação dos termos da negociação T_j ; e D_i é uma tupla de valores de vantagens para os atributos da negociação, como definido na Subseção 4.2.2.1.

$G = (g_1, g_2, \dots, g_N)$ são N funções disponíveis para geração das propostas e $W^G = (w_1^G, w_2^G, \dots, w_N^G)$ são os pesos para as respectivas funções g . Como definido na Subseção 4.2.3.3, as funções padrões para a geração das propostas são as táticas dependentes do tempo, mas essa estrutura permite que novas funções possam ser inseridas pelo modelo de suporte à decisão.

Este relacionamento define, portanto, através da tupla $R^{Negociação}$, o conjunto de informações que os agentes negociadores utilizam para negociar um produto. Os agentes de suporte vêm então a negociação como sendo este conjunto de informações.

4.3.2.2 Relacionamento de Suporte à Decisão

É através deste relacionamento que outras informações, além das preferências para negociação do produto, são consideradas na tomada de decisão. Neste relacionamento, as informações disponíveis na negociação e as informações dos relacionamentos da empresa passam por um tratamento analítico e são utilizadas como insumos para inferência sobre uma base de regras. As regras definem o conhecimento sobre a negociação e relacionam as informações da negociação e as informações do ambiente redefinindo as preferências para negociação. Portanto, o relacionamento de suporte à decisão é visto da seguinte forma:

$$R^{Suporte} = (\eta, R^{Empresa}), \quad (12)$$

onde η representa as informações do agente negociador sobre a negociação, e $R^{Empresa}$ são os relacionamentos entre a empresa e o seu ambiente.

As informações do relacionamento de negociação, definidas pelo conjunto

$$\eta = \{\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_m\}, \quad (13)$$

contêm desde as preferências para negociação do agente negociador vendedor e demais informações definidas em $R^{Negociação}$, até outras informações sobre o agente negociador comprador. Desta forma, é possível que no suporte de tomada de decisão dado aos agentes negociadores, também sejam consideradas informações além do consumidor como, por exemplo, o perfil do usuário.

A empresa é vista como uma entidade que contém N relacionamentos com o seu ambiente, definidos como

$$R_i^{Empresa} = (Y, \Phi), \quad (14)$$

onde cada $R_i^{Empresa}$ define um conjunto de variáveis Y que são monitoradas e analisadas, bem como um conjunto de regras Φ que definem como a análise das variáveis Y influenciam no processo de negociação. Desta forma, tanto as variáveis Y monitoradas no ambiente, como as informações da negociação η , são utilizadas para inferências nas regras Φ . O resultado dessa inferência pode ser:

- propor produtos a serem negociados;
- propor alterar os atributos de acordo utilizados para definir os termos da negociação;
- propor novas formas de avaliação para características dos produtos;
- propor novas formas de avaliação para os termos da negociação;
- propor alterar os pesos das características dos produtos;
- propor alterar os pesos dos termos da negociação;
- propor descontos para os diversos atributos que definem os termos da negociação;
- propor alterar os pesos das funções utilizadas gerar as propostas;
- propor novas funções para gerar as propostas.

Isto significa que as preferências utilizadas pelo agente negociador da empresa estão sendo alteradas, conseqüentemente, o espaço que define os possíveis acordos também está sendo alterado considerando certas peculiaridades que foram encontradas no ambiente da empresa ou

durante a negociação. Para que estas particularidades no ambiente ou negociação sejam encontradas é fundamental a análise que acontecerá sobre as variáveis do ambiente. A partir daí, o modelo de suporte à tomada de decisão permite integrar essa análise com o processo de negociação.

Por exemplo, considere a situação onde um consumidor configura seu agente de compras para negociar um pacote de turismo. A empresa possui seu agente vendedor e agentes de suporte que cuidam do *Relacionamento Empresa – Consumidor*. No início da negociação, as possíveis informações disponíveis para os agentes de suporte, além das preferências do agente vendedor para negociação, podem ser o perfil do usuário, o histórico de outros pacotes de turismo comprados, análises do mercado de turismo e as promoções praticadas por empresas aéreas, restaurantes, hotéis. Com um mecanismo adequado para a análise dessas informações, os seguintes fatos podem ser encontrados: (1) *o consumidor gosta de viajar para praias*; (2) *o consumidor prefere viagens nacionais a internacionais*; (3) *os pacotes para praias na Argentina estão mais em conta, devido a várias promoções de empresas aéreas, hotéis, etc.*; (4) *o consumidor viaja muito e portanto, gera muito lucro*; (5) *o mercado de turismo está na baixa temporada*. Partindo destes fatos, gerados pela análise das informações da negociação e do ambiente, as regras definidas nos agentes de suporte podem gerar as seguintes opções para o agente vendedor negociar:

1. propor a alteração do objeto negociado para um pacote de viagem para a Argentina, pois o consumidor gosta de viajar para praias e há vantagens financeiras viajando-se para aquele país;
2. visto que o consumidor prefere viagens nacionais, o mercado está em baixa temporada e o consumidor gera muito lucro, a empresa oferece um desconto de 15% nas viagens nacionais.

Os mecanismos de análise podem ser os mais diversos possíveis. No exemplo anterior, ele tratou das informações iniciais para negociação (o consumidor em questão, o histórico de compras anteriores e o pacote desejado), assim como das informações do ambiente (o fato de estar em baixa temporada e as promoções na Argentina), mas ele também poderia ser utilizado para analisar o processo de negociação em si. Por exemplo, um possível *Relacionamento Empresa – Processo de Negociação com a Contraparte* poderia existir. O objetivo seria utilizar algum mecanismo para analisar os históricos de proposta e contrapropostas, buscando determinar um possível padrão nas propostas do agente comprador, ou ainda, relacionar com padrões de outros compradores. Fatos possíveis a partir desta análise poderiam ser: *a contraparte cede pouco em suas*

negociações ou a contraparte começa a ceder a partir de um determinado momento, ou ainda, a negociação está caminhando para um não-acordo.

Enfim, com o modelo de suporte à tomada de decisão proposto e os mecanismos adequados para monitorarem e analisarem as variáveis, a tomada de decisão pode ser bastante enriquecida, assim sendo, gerando acordos mais satisfatórios para empresas e consumidores.

4.3.2.3 Utilização das informações retornadas pelo modelo de decisão

Após a análise das informações enviadas pelos agentes negociadores e a inferência em sua base de regras, os agentes negociadores recebem uma tupla Q que podem definir um novo conjunto de preferências a serem utilizadas na negociação. A partir da tupla Q retornada, todas as preferências da negociação podem ser redefinidas, ou seja, devido ao processamento feito pelos agentes de suporte, as preferências para negociação retornada podem conter um produto alternativo a ser oferecido, um desconto no preço do produto, um brinde, uma forma diferente para avaliar um determinado atributo de acordo, dentre diversas opções.

Por exemplo, para sugerir a negociação de um objeto alternativo, basta alterar o objeto negociado na tupla Q . A sugestão de produtos correlatos se dá através da adição novas tuplas q_i , as quais descrevem as preferências para negociação de um novo objeto o_i . Ao alterar cada elemento que constitui a tupla q_i , as preferências para negociação do objeto estão sendo alteradas. Por exemplo, se a inferência dos agentes de suporte determina que os atributos de acordo devem ser avaliados de forma diferente, as funções de avaliação são alteradas. Se a alteração dos pesos para as funções que geram as propostas ou para as características do produto é o resultado da inferência, então estes dados são alterados na tupla de preferência Q . Desta forma, é possível alterar as funções de avaliação para as características do produto e para os termos da negociação; alterar os pesos para as características dos produtos, termos da negociação e funções de geração das propostas; alterar os valores para as características dos produtos e para os termos da negociação; alterar os atributos de acordo; e propor vantagens para estes termos da negociação.

Os diversos resultados recebidos são utilizados de duas formas distintas. A sugestão de um novo produto a ser negociado, ou um produto alternativo ou ainda a alteração dos atributos que definem o acordo leva a execução do protocolo de renegociação, descrito na Subseção 4.2.1. As demais alterações propostas para as preferências, que não alterem o produto negociado ou os atributos de acordo substituem as preferências antigas para negociação.

Como podem existir diversos relacionamentos de suporte à tomada de decisão, os vários agentes de suporte podem retornar respostas distintas para os agentes negociadores. Para

solucionar este conflito, cada relacionamento de suporte tem um peso diferente, de forma que as respostas retornadas são classificadas e utilizadas segundo estes pesos.

Após receber as informações dos agentes de suporte, o agente negociador utiliza o seguinte critério para escolher sua próxima ação:

1. tenta redefinir o produto negociado (sugerindo produtos alternativos ou correlatos), onde as várias sugestões são oferecidas segundo a classificação imposta pelos pesos atribuídos a cada relacionamento;
2. caso a alteração do produto falhe, as preferências para negociação são substituídas por aquelas que apresentam a maior classificação imposta pelos pesos atribuídos a cada relacionamento.

4.4 Discussão

Em relação aos trabalhos relacionados com o modelo de negociação, a proposta apresentada nesta pesquisa para este modelo de negociação introduz novas características:

- a possibilidade de negociar vários produtos ao mesmo tempo;
- a sugestão de produtos correlatos e alternativos durante a negociação;
- a possibilidade de que vantagens especiais possam ser oferecidos nos vários atributos do acordo, como descontos no preço do produto, prazo maior para pagamento, etc.;

Entretanto, a maior diferença proposta é o suporte à tomada de decisão dada aos agentes negociadores. Com isto, ao invés de criar um agente negociador com cada vez mais conhecimento para que novas ações (como sugerir produtos correlatos, dar descontos, etc.) possam ser inseridas na negociação, os agentes negociadores utilizam um conjunto básico de preferências para negociação, e os agentes de suporte realizam um processamento mais robusto. Através deste processamento, várias novas possibilidades são inseridas na negociação, como:

- **personalização das ofertas** – baseado nas informações sobre os consumidores, os agentes de suporte podem utilizar algum mecanismo que permita encontrar condições para o efetivação da transação, ou até mesmo produtos, que reflitam as preferências dos consumidores. Portanto, os agentes negociadores podem ser providos com estas informações para negociar;
- **decisões mais precisas na negociação** – a partir das informações coletadas, monitoradas e analisadas no ambiente, o melhor conjunto de preferências para

negociação pode ser determinado pelos agentes de suporte, sendo providas aos agentes negociadores durante a negociação.

As conseqüências para negociação destas novas opções, inseridas tanto com o modelo de negociação como com o modelo de suporte à tomada de decisão, são as possibilidades de aumento da qualidade dos acordos gerados com a negociação, tanto para a empresa quanto para o consumidor, aumento do número de acordos fechados, assim como aumento da satisfação do consumidor com a transação.

Apesar de visar o suporte à decisão dos agentes negociadores no lado empresa, é natural o uso do modelo de suporte à decisão também para dar suporte aos agentes negociadores no lado do consumidor. Da mesma forma, nas negociações entre as próprias empresas (comércio B2B), também seria natural o uso de um modelo que dê suporte à tomada de decisão dos agentes negociadores, tanto para a empresa que atua no papel de vendedora quanto para a empresa que atua no papel de compradora. O modelo de suporte à decisão proposto nesta pesquisa pode, portanto, também ser utilizado para apoiar os agentes negociadores no comércio B2B, bastando apenas que a empresa defina como as informações do ambiente influenciam nas negociações, e qual o seu papel da empresa na negociação: comprador ou vendedor.

Capítulo 5

Plataforma Multi-Agente para Negociação Automatizada

Com base nos modelos de negociação e tomada de decisão propostos no capítulo anterior, é apresentada neste capítulo uma proposta de plataforma baseada em sistema multi-agente para negociação automatizada. Esta plataforma tem seu foco na empresa, pois leva em conta as informações no ambiente da empresa para dar suporte à tomada de decisão na negociação. Portanto, são oferecidos pela plataforma agentes negociadores para a empresa, assim como agentes que dêem suporte à tomada de decisão destes agentes negociadores.

Na Seção 5.1 é apresentada uma visão geral da plataforma. Na Seção 5.2 é apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento da plataforma multi-agente. Nas Seções 5.3, 5.4 e 5.5 são apresentados, respectivamente, detalhes sobre a fase de análise, projeto e implementação da plataforma multi-agente. Na Seção 5.6 são discutidas as tecnologias adotadas para a representação do conhecimento da empresa sobre a negociação e, finalmente, na Seção 5.7 são apresentadas as considerações finais do capítulo.

5.1 Visão geral

O objetivo da plataforma apresentada neste capítulo é prover um ambiente de negociação, do lado da empresa, onde seus agentes negociadores possam interagir com agentes negociadores que representem os consumidores. Neste ambiente, os agentes negociadores da empresa devem ter suas decisões apoiadas pelo conhecimento que a empresa tem em negociar produtos. Este conhecimento pode variar de empresa para empresa, conseqüentemente, somente a infra-estrutura necessária para a existência deste ambiente de negociação é provida com a plataforma apresentada.

A partir dessa infra-estrutura para negociação automatizada, a empresa deve ser capaz de definir seu conhecimento sobre a negociação de produtos. Este conhecimento deve considerar as variáveis que pertencem ao ambiente da empresa e, a partir de uma análise dessas variáveis, os agentes devem apontar as melhores estratégias de negociação a serem seguidas pelos agentes negociadores. Esta visão está de acordo com o modelo de suporte à tomada de decisão proposto no capítulo anterior. Desta forma, a infra-estrutura oferecida pela plataforma permite que as

variáveis, os mecanismos de análises das variáveis e o conhecimento sobre a negociação possam ser definidos pela empresa e utilizados na negociação automatizada.

A plataforma para negociação automatizada é então proposta para resolver um problema complexo, onde suas principais características são o monitoramento do ambiente da empresa e o raciocínio sobre a análise deste ambiente para que estratégias para negociação possam ser providas. Esta descrição se encaixa perfeitamente nos problemas para os quais a abordagem multi-agente se mostra adequada (ver Seção 2.2). Logo, a abordagem multi-agente foi utilizada para o desenvolvimento da plataforma para negociação automatizada.

5.2 Metodologia de desenvolvimento

Para o desenvolvimento da plataforma multi-agente apresentada neste capítulo foi utilizado o COMPOR (Almeida, Costa *et al.*, 2003a; b), uma infra-estrutura de engenharia de software para o desenvolvimento de software utilizando a abordagem multi-agente. Nesta seção é apresentada uma síntese das diretrizes metodológicas apresentadas no COMPOR para o desenvolvimento de softwares multi-agente.

5.2.1 COMPOR

O COMPOR é um conjunto de diretrizes, técnicas e ferramentas para o desenvolvimento de sistemas multi-agentes. O objetivo das diretrizes metodológicas COMPOR-M²⁵ é prover meios para lidar com as principais características dos softwares multi-agente, ou seja, lidar com o fato de serem sistemas abertos e dinâmicos. Essas diretrizes abordam quatro fases clássicas do desenvolvimento de software: análise, projeto, implementação e testes. Estas fases estão ilustradas na Figura 15.

²⁵ Abreviação para COMPOR-*Methodology*

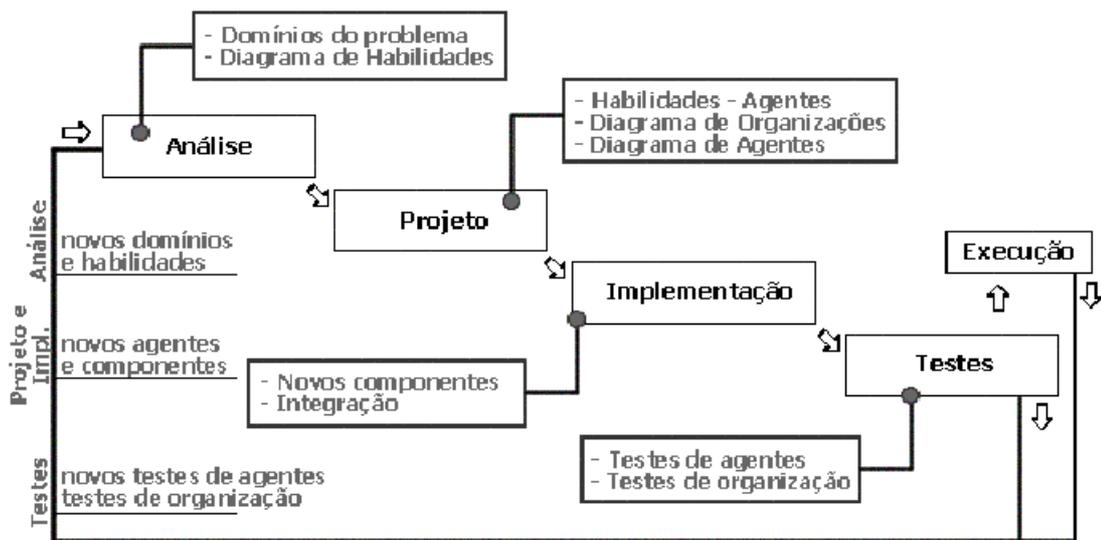


Figura 15 – Ciclo de desenvolvimento da metodologia COMPOR

Na **fase de análise**, primeiramente é identificado o Domínio de conhecimento relacionado com o problema, em seguida, para cada domínio, são identificados os Contextos inerentes a ele, os quais representam uma participação especializada do domínio. Para cada contexto, são identificadas Habilidades que são necessárias para resolução de problemas. As habilidades descrevem os requerimentos do sistema em um alto nível de abstração. Isto é feito definindo-se um *diagrama de habilidades*, o qual descreve os contextos e as habilidades inerentes a estes. Neste diagrama, são destacados os relacionamentos ou interações entre as habilidades que podem ser preditas nesta fase, como forma de documentação e melhor entendimento, mas não como restrições deste relacionamento. Este diagrama é ilustrado nas Figuras 16 e 17, presentes na Seção 5.3.

Na **fase de projeto**, as habilidades definidas na análise são associadas aos agentes. Um agente contém uma ou mais habilidades e uma habilidade pode ser associada a um ou mais agentes. O resultado desta fase é a arquitetura de agentes que comporá o sistema, descrita através de dois diagramas: *diagrama de organizações* e *diagrama de agentes*. Estes diagramas são ilustrados nas Figuras 18, 19 e 20, apresentadas na Seção 5.4.

O *diagrama de organizações* descreve as organizações de agentes que pertencem ao sistema e os agentes que compõem estas organizações. Cada organização está relacionada com um contexto definido na fase de análise e os agentes representam as entidades que têm habilidades referentes à resolução de problemas nos contextos. O agrupamento de agente em organizações contextualiza um determinado conjunto de agentes de acordo com o seu domínio, onde possivelmente as interações serão mais frequentes (Jennings, 2000) *apud* (Almeida, Costa *et al.*,

2003a; b). Entretanto, não há restrições de interação entre os agentes, ou seja, os relacionamentos são dinâmicos.

O *diagrama de agentes* é uma visão detalhada do diagrama de organização. Neste diagrama, as habilidades são descritas como um conjunto de componentes funcionais. Estes componentes são responsáveis pela implementação das funcionalidades dos agentes. A fase de projeto se encerra com a definição de todos os componentes que farão parte da sociedade (conjunto de todas as organizações) multi-agente, encapsulados nos agentes.

Na **fase de implementação** são desenvolvidos os componentes definidos na fase de projeto. O arcabouço de componentes COMPOR-F²⁶ contém uma biblioteca de componentes, portanto, somente os componentes que ainda não estão presentes nessa biblioteca devem ser desenvolvidos. A implementação de cada componente é feita com base no COMPOR-CM²⁷, um modelo de componente que dita a forma como os componentes são construídos e depois conectados entre si.

As diretrizes que são propostas na **fase de testes** referem-se aos testes de agentes e testes de organizações. No primeiro caso, são conduzidos testes de interações entre os componentes de um determinado agente, e no segundo caso, testes da interação entre os agentes de uma determinada organização ou da sociedade.

A escolha do COMPOR para o desenvolvimento da plataforma multi-agente deve-se a vários fatores, dentre eles pode-se destacar:

- a fase análise é intuitiva, identificar o domínio de problema, os contextos e habilidades necessárias nestes contextos;
- a fase de projeto dá uma maior flexibilidade ao desenvolvedor ao utilizar a abordagem de componentes para definir as *habilidades* (requisitos funcionais) dos agentes;
- o arcabouço de componentes COMPOR-F implementa as especificações do modelo de componentes COMPOR-CM. Com a utilização deste arcabouço, a interação entre os componentes fica transparente para o desenvolvedor, que pode voltar sua atenção somente para o desenvolvimento dos componentes, segundo as especificações do modelo de componentes;

²⁶ Abreviação para COMPOR-*Framework*

²⁷ Abreviação para COMPOR-*Component Model*

- o arcabouço de componentes COMPOR-F também apresenta uma biblioteca de componentes que podem ser reutilizados;
- o ambiente COMPOR-E²⁸ permite a fácil criação dos agentes (arrastando e soltando os componentes com o *mouse*) e das organizações (com a criação facilitada dos agentes);
- a disponibilidade do COMPOR, por ele está sendo desenvolvido no mesmo departamento que esta pesquisa.

O COMPOR, portanto, oferece um conjunto de facilidades para o desenvolvimento de software multi-agente, só encontrado em soluções diversas para o desenvolvimento de tais softwares, como metodologias, arcabouços e ferramentas. Devido a todas estas questões, o COMPOR foi adotado para ajudar no desenvolvimento da plataforma multi-agente.

5.3 Análise

Como apresentado na Subseção 5.2.1, nesta fase são determinados o domínio de conhecimento do relativo ao problema, os contextos inerentes ao domínio, assim como as habilidades associadas a cada contexto. O domínio de problema é a Negociação Automatizada, onde dois contextos foram identificados:

- Contexto de negociação (C1);
- Contexto de suporte à decisão (C2).

O primeiro contexto (**C1**) refere-se à interação entre os agentes negociadores. Neste sentido, os agentes devem ter as seguintes habilidades:

- **criar agente negociador sob demanda (H1)** – receber requisições para negociar um produto, e a partir daí, criar um agente negociador segundo esta demanda. A criação do agente negociador consiste em ler um conjunto de preferências para negociação de um Banco de Dados (BD) e configurá-lo com estas preferências para interagir com um agente negociador que representa o consumidor;
- **gerar propostas (H2)** – gerar propostas a serem enviadas a outro agente negociador com base em conjunto de preferências para negociação;
- **avaliar propostas (H3)** – avaliar propostas recebidas de outro agente negociador com base no conjunto de preferências para negociação;

²⁸ Abreviação para COMPOR-*Environment*

- **negociar produtos (H4)** – utilizar os recursos da negociação (conjunto de preferências, geração das propostas, avaliação das propostas) para escolher a ação mais adequada a ser enviada a outro agente negociador;
- **consultar as organizações de agentes de suporte (H5)** – enviar as informações sobre a negociação para que possam ser analisadas e ajustadas pelas organizações de agentes de suporte;
- **conhecimento social (H6)** – ter o conhecimento sobre os outros agentes da sociedade, sabendo que tipo de processamento eles fazem, que tipo de informação devem estar nas mensagens para realizar seu processamento e que tipo de informação pode ser as respostas destes agentes;
- **seguir protocolo de interação (H7)** – seguir um determinado protocolo de interação para se comunicar com outro agente;
- **enviar e receber mensagens (H8)** – enviar e receber mensagens para outros agentes.

No segundo contexto (C2), as habilidades necessárias aos agentes são:

- **monitorar variáveis (H9)** – definir um conjunto de variáveis do ambiente a serem monitoradas;
- **fazer Análise (H10)** – fazer a análise de uma variável, ou conjunto de variáveis, gerando fatos sobre essas variáveis;
- **fazer Inferência (H11)** – receber fatos como entrada e fazer inferência sob alguma base de regras;
- **receber consultar (H12)** – receber as informações sobre a negociação e encaminhá-las aos agentes adequados, para que sejam analisadas e ajustadas;
- **conhecimento social (H6)** – ter o conhecimento sobre os outros agentes da sociedade, sabendo que tipo de processamento eles fazem, que tipo de informação devem estar nas mensagens para realizar seu processamento e que tipo de informação pode ser a respostas destes agentes;
- **seguir protocolo de interação (H7)** – seguir um determinado protocolo de interação para se comunicar com outro agente;
- **enviar e receber mensagens (H8)** – enviar e receber mensagens para outros agentes.

As habilidades apresentadas acima descrevem, em um alto nível de abstração, os requisitos que os agentes devem cumprir, tanto no contexto da negociação (**C1**), quanto no contexto do suporte à tomada de decisão (**C2**). Portanto, essas habilidades ajudam a identificar quais os agentes necessários no sistema. A Figura 16 e a Figura 17 ilustram essas habilidades e algumas possíveis interações entre essas habilidades identificadas nesta fase.

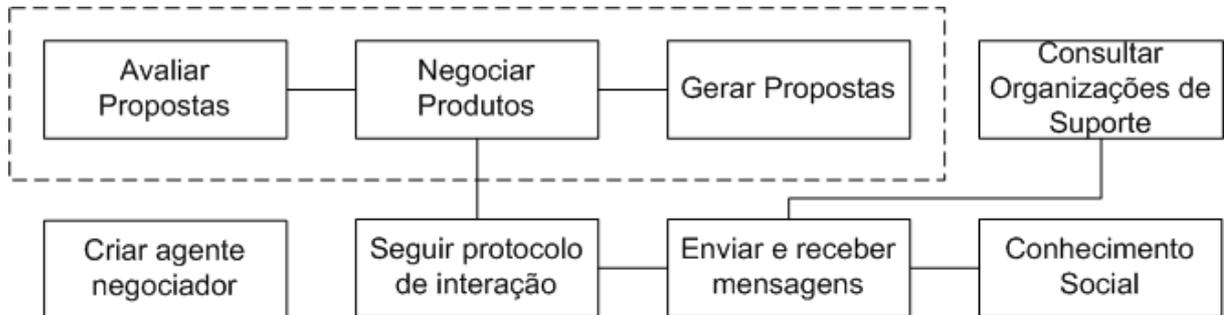


Figura 16 – Diagrama de habilidades no contexto de negociação

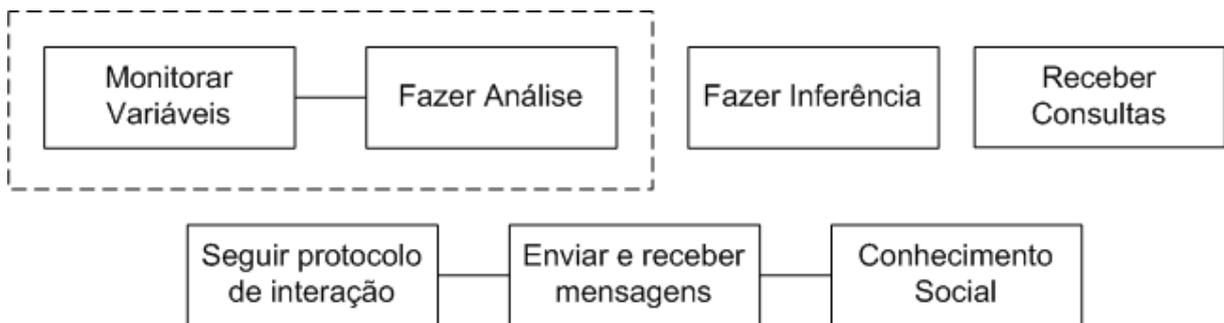


Figura 17 – Diagrama de habilidades no contexto de suporte à decisão

5.4 Projeto

A partir das habilidades identificadas na fase de análise, pode-se então definir a arquitetura de agentes que irá compor o sistema. Em cada contexto identificado anteriormente, surge uma organização de agentes cujas habilidades revolvem problemas neste contexto. Portanto, as habilidades são mapeadas em agentes e estes comporão alguma das organizações definidas para os contextos.

A primeira organização diz respeito à negociação. A partir das habilidades definidas na fase de análise, dois tipos de agentes foram identificados para esta organização:

- **agente negociador** – o agente negociador utiliza suas habilidades de negociação (gerar propostas, analisar propostas, negociar produtos) e as habilidades de comunicação (seguir o protocolo de negociação, enviar e receber mensagens) para interagir com outro agente negociador. O agente negociador também tem a

capacidade de interagir com os agentes das organizações de suporte para redefinir suas preferências para negociação;

- **agente gerente** – este agente tem a habilidade de criar os agentes negociadores sob demanda. Conforme surgem requisições para negociar, o agente gerente lê as preferências para negociação de um BD e configura um novo agente negociador.

A Figura 18 ilustra o diagrama de organização para a organização de negociação. Este diagrama apresenta os agentes dessa organização (agente negociador da empresa e agente gerente), as suas respectivas habilidades e as interações que puderam ser previstas para estes agentes. O diagrama também apresenta os agentes que não fazem parte da organização de negociação, mas que interagem com os agentes dessa organização. Estes agentes estão caracterizados por não apresentarem suas habilidades destacadas neste diagrama.

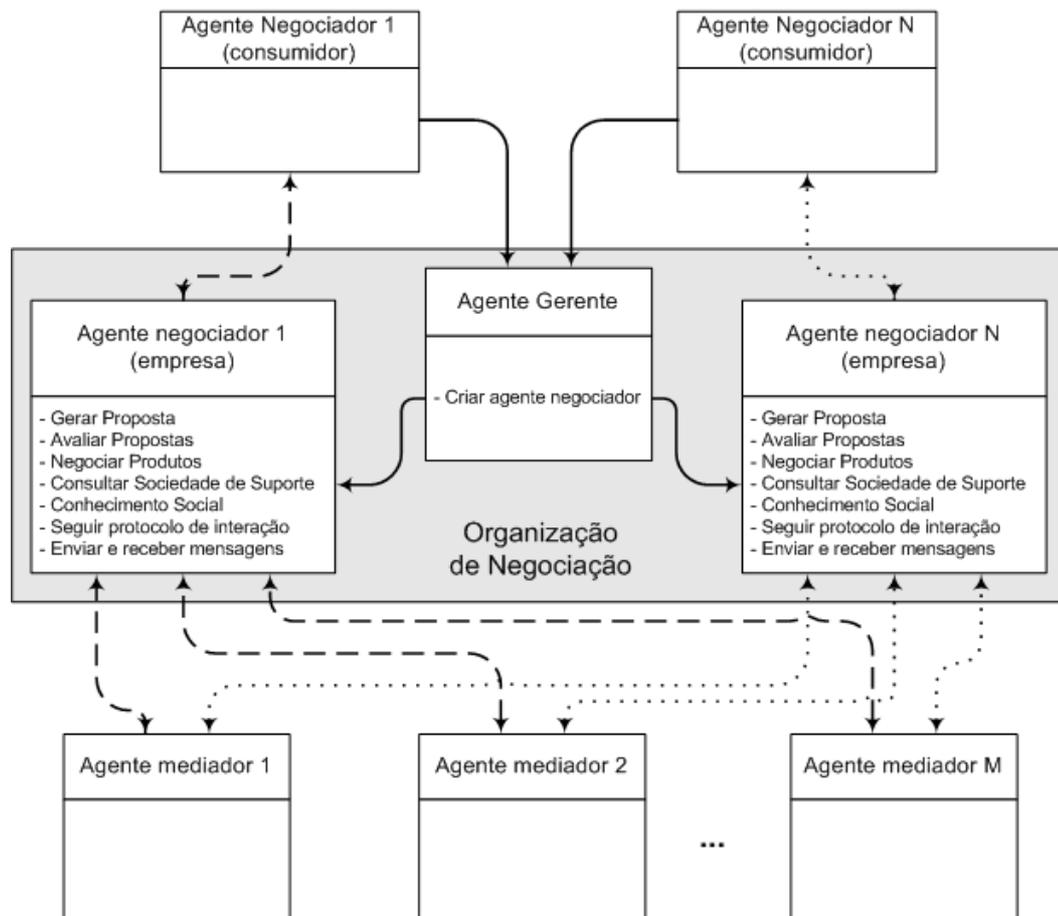


Figura 18 – Diagrama de organização relativo à organização de negociação

A segunda organização de agentes diz respeito ao suporte dado à tomada de decisão dos agentes negociadores. A partir das habilidades definidas na fase de análise, três tipos de agentes foram identificados para esta organização:

- **agente de monitoramento** – utiliza a habilidade de monitoramento para estar continuamente monitorando variáveis do ambiente e a habilidade de análise para, a partir das variáveis monitoradas no ambiente, ou a partir de informações provindas da negociação, gerar fatos sobre que possam ser utilizados no suporte à decisão;
- **agente de suporte** – utiliza a habilidade de inferência para redefinir as preferências para negociação baseado nos fatos sobre a negociação e sobre o ambiente gerados pelos agentes de monitoramento;
- **agente mediador** – tem conhecimento sobre as análises feitas pelos agentes, assim sendo, sua habilidade diz respeito a receber as informações dos agentes negociadores e distribuí-las entre os agentes de suporte;

Todos estes agentes têm a habilidade de interagir com outros agentes. A Figura 19 ilustra o diagrama de organizações para a organização de agentes de suporte. Nesta figura, os agentes sem habilidades representam agentes de outra organização que interagem com os agentes da organização de suporte à decisão.

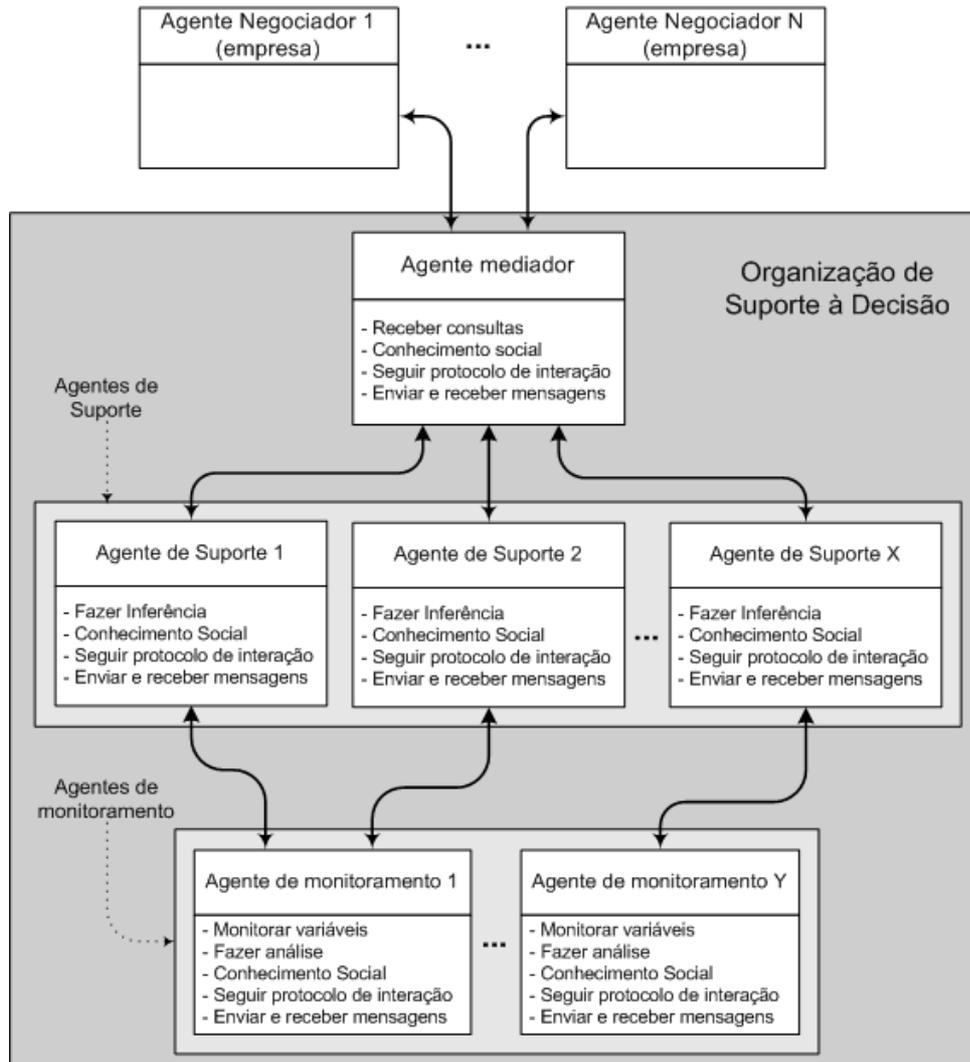


Figura 19 – Diagrama de organização relativo à organização de suporte à decisão

A arquitetura interna dos agentes é então definida mapeando as habilidades identificadas em componentes de software. Em cada agente, os componentes são agrupados conforme o contexto da suas funcionalidades. Essa proposta foi apresentada por (Costa, Fereda *et al.*, 1998), e considera um agente composto por três sistemas: **Sistema Inteligente ou Deliberativo** (implementa as funcionalidades referentes ao domínio da aplicação), **Sistema Social** (implementa as funcionalidades relativas à interação entre os agentes) e **Sistema de Distribuição** (inclui as funcionalidades de comunicação através de tecnologias como RMI (Sun Microsystems, 2003) CORBA (Object Management Group, 2003), por exemplo.

As habilidades descritas nos diagramas de habilidades apresentados na Figura 16 e na Figura 17 são mapeadas nos seguintes componentes:

- **Componente de Criação de Agentes** – implementa a habilidade **(H1)** de criar um novo agente negociador;

- **Componente de Negociação** – agrupa as habilidades relativas à negociação, como a geração das propostas (**H2**), a avaliação de uma proposta (**H3**) e a negociação de um produto (**H4**) e o protocolo de negociação com outro agente negociador (**H7**);
- **Componente de Consulta** – implementa a habilidade (**H5**) de fazer consultas aos agentes das organizações de suporte;
- **Componente de Mediação** – implementa a mediação (**H12**) entre os agentes negociadores e os agentes das organizações de suporte;
- **Componente de Inferência** – implementa a inferência do agente de suporte (**H11**) em cima de uma base de regras;
- **Componente de Análise** – implementa a análise de variáveis (**H10**), transformando-as em fatos;
- **Componente de Monitoramento** – implementa o monitoramento das variáveis do ambiente (**H9**);
- **Componente de Interação** – implementa o protocolo de interação (**H7**) entre os agentes;
- **Componente Social** – implementa o conhecimento social dos agentes (**H6**);
- **Componente de Comunicação RMI** – implementa o envio e recebimento das mensagens (**H8**).

A Figura 20 ilustra o diagrama de agentes. Este diagrama mostra todos os agentes do sistema e os componentes que os constituem.

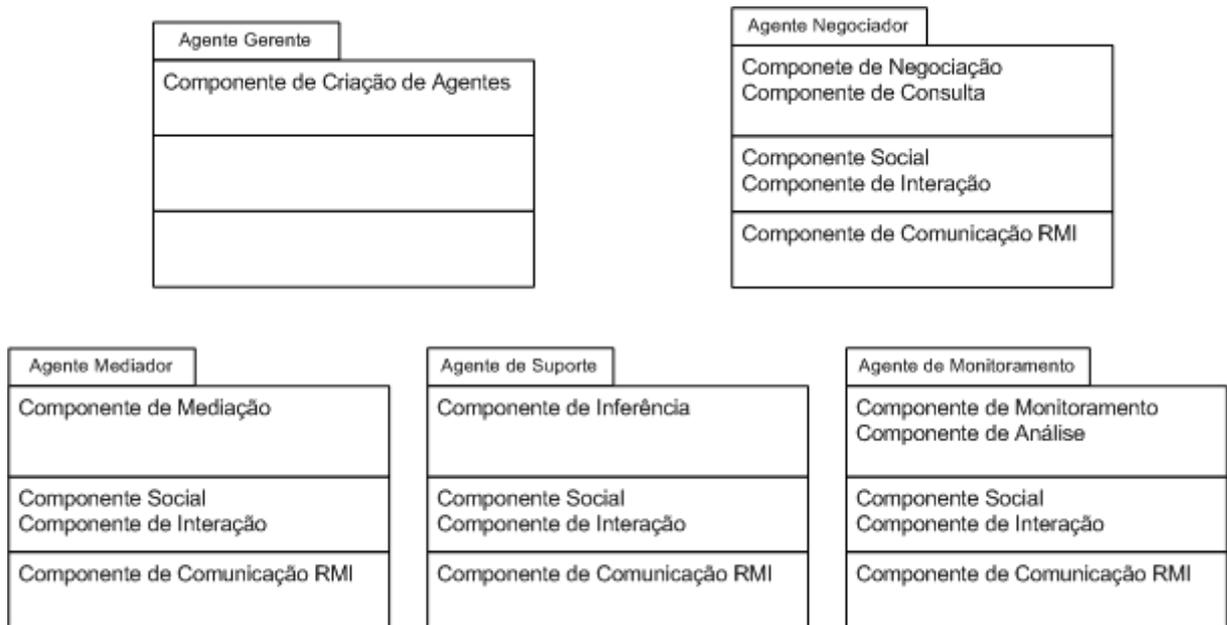


Figura 20 – Diagrama de Agentes

A Figura 21 ilustra a arquitetura do Sistema Multi-Agente. Nela são apresentados os agentes que estão no lado do consumidor e os agentes que estão no lado da empresa, onde os agentes negociadores do consumidor e da empresa são diferenciados pelo seu papel, comprador ou vendedor. No lado do consumidor há um único agente, o agente negociador comprador. No lado da empresa, os agentes das duas organizações, organização de suporte à decisão e organização de negociação, compõem a arquitetura.

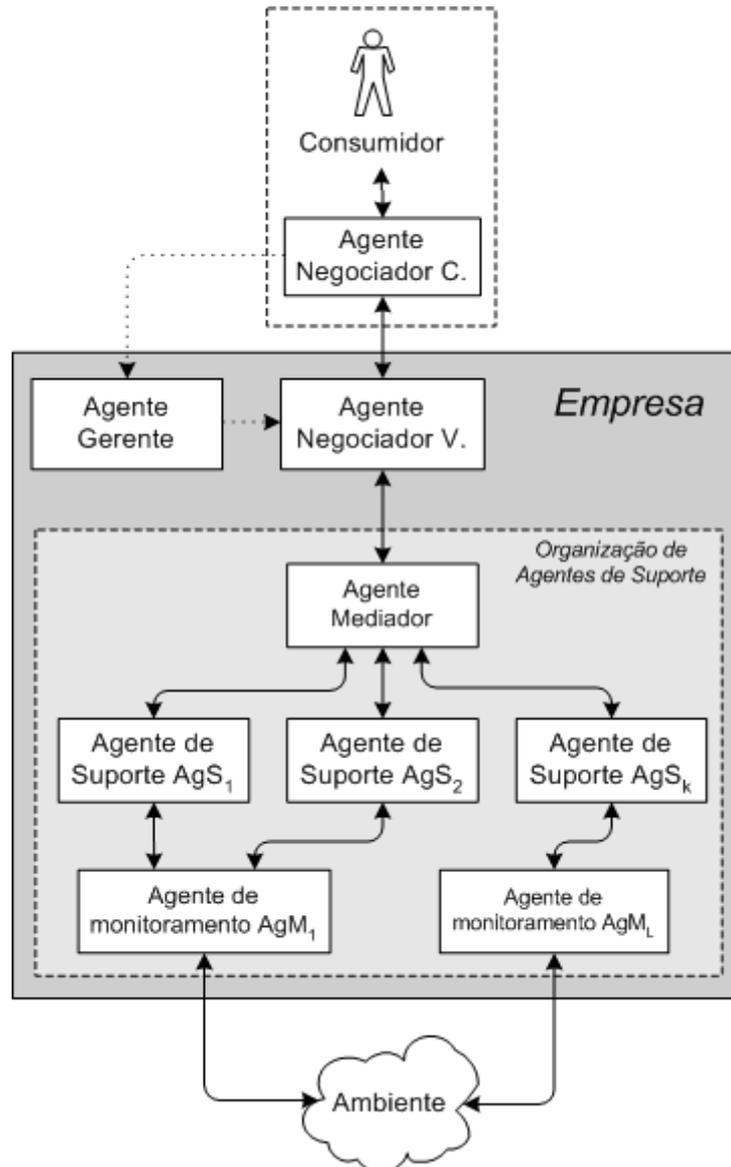


Figura 21 – Arquitetura do Sistema Multi-Agente

5.5 Componentes Funcionais dos Agentes e Aspectos de suas Implementações

As Seções 5.3 e 5.4 apresentam a análise e projeto da plataforma para negociação automatizada a partir de uma abordagem multi-agente. Com a identificação dos componentes funcionais dos agentes, técnicas convencionais de desenvolvimento podem ser utilizadas para realizar sua modelagem e implementação.

Os componentes devem prover toda a funcionalidade necessária aos agentes, assim sendo, após implementá-los, a tarefa de construir um agente se resume em reunir seus componentes funcionais e implementar a interação entre estes componentes.

O arcabouço de componentes COMPOR-F dá suporte à interação entre os componentes que constituirão um agente. Ao utilizar este arcabouço, a preocupação do desenvolvedor recai somente sobre a implementação dos componentes funcionais dos agentes, pois a interação entre estes componentes é gerenciada pelo arcabouço. Além disso, o COMPOR-F também oferece uma biblioteca de componentes, os quais podem ser reutilizados para constituir os agentes.

Nas próximas subseções serão apresentados alguns detalhes sobre as funcionalidades de cada componente, assim como alguns aspectos de suas implementações. Estes componentes foram desenvolvidos com a linguagem de programação Java e são baseados no modelo de componentes COMPOR-CM, que dita a forma como eles são construídos e depois conectados.

5.5.1 Componente de Comunicação RMI

O *Componente de Comunicação RMI* provê a comunicação via rede entre dois agentes e foi reutilizado da biblioteca provida pelo COMPOR-F. Neste componente é utilizada a tecnologia de Invocação Remota de Métodos (RMI) para implementar a troca de mensagens entre os agentes. Portanto, dois agentes que contenham o *Componente de Comunicação RMI* podem enviar e receber mensagens entre si.

5.5.2 Componente Social

Este componente define o conhecimento que um agente tem sobre ele mesmo e sobre os demais agentes. Neste conhecimento estão definidos:

- a identificação dos agentes;
- o tipo do agente (negociador, mediador, suporte ou monitoramento);
- a organização que o agente pertence;
- as habilidades do agente;
- e as informações que os agentes manipulam.

A partir do *Componente Social*, um agente pode identificar outros agentes com os quais ele pode interagir. Por exemplo, um agente de monitoramento que manipula informações relativas a uma determinada variável X , procurará interagir com agentes de suporte que precisem de informações sobre esta variável X .

Este componente, além de encapsular o conhecimento sobre os outros agentes, também contém um *auto conhecimento* sobre ele mesmo. Desta forma, quando um novo agente entra no sistema, este novo agente envia um *broadcast* contendo sua *identificação*, seu *tipo*, e a *organização* que

ele participará. A partir dessas informações, os agentes interessados em interagir com este novo agente enviam seus auto conhecimento e recebem como resposta o auto conhecimento do novo agente.

5.5.3 Componente de Interação

Este componente trata da interação entre os agentes. Em geral, as mensagens trocadas entre os agentes são de dois tipos: *requisição* ou *notificação*. No primeiro, um agente requisita algum serviço a outro agente, já no segundo tipo, um agente apenas notifica alguma informação a outro agente.

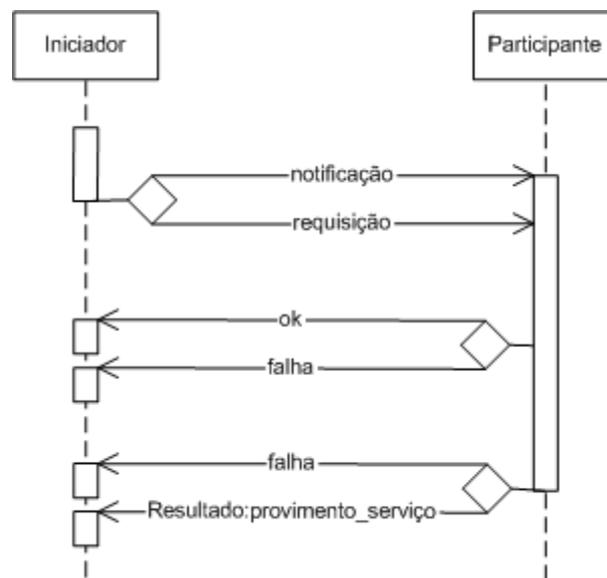


Figura 22 – Protocolo de Interação

A Figura 22 ilustra o protocolo de interação entre os agentes. Dois papéis são então definidos para os agentes: o iniciador do protocolo e o participante. O iniciador é aquele agente que deseja enviar uma notificação ou uma requisição de serviço a outro agente. O participante é aquele que recebe a notificação ou a requisição para o provimento do serviço. Desta forma, o protocolo se inicia com o envio de uma notificação ou de uma requisição. O participante então responde com um *ok* ou *falha*. Na notificação, *ok* ou *falha* sinaliza o término da interação, onde *ok* significa que a notificação foi recebida e processada e *falha* significa que houve algum erro no processamento da mensagem. No caso da requisição, *falha* significa que ela não poderá ser atendida e o protocolo encerra com esta mensagem, e *ok* significa que o serviço será provido, logo, haverá mais uma mensagem com o serviço provido. Esta última mensagem é o *resultado* do provimento do serviço, ou *falha* se aconteceu algum erro.

5.5.4 Componente de Negociação

A partir do modelo de negociação definido na Seção 4.2, o componente de negociação foi implementado, provendo as habilidades necessárias para que um agente possa negociar um produto. Este componente é configurado com um conjunto de preferências para negociação, que incluem:

- um conjunto de um ou mais produtos a serem negociados;
- a intenção com a negociação (comprar²⁹ ou vender);
- um conjunto de atributos que descrevem as características de cada produto e os termos da transação;
- as restrições (possíveis valores) para cada um dos atributos;
- as funções de avaliação para os atributos (funções que mapeiam os valores dos atributos em uma utilidade);
- a importância de cada produto e atributo na negociação;
- o tempo máximo para negociar um produto.

Além deste conjunto de preferências para negociação, o componente de negociação também implementa:

- as funções para geração de propostas;
- as funções para avaliação das propostas recebidas;
- as funções de interpretação para escolha da próxima ação a ser executada (oferecer uma proposta, desistir da negociação, etc.).

Portanto, com o conjunto de preferências para negociação e com a implementação do modelo de negociação, o componente de negociação oferece a habilidade de negociar produtos aos agentes.

5.5.5 Componente de Consulta

Este componente recupera as informações sobre a negociação, presentes no *Componente de Negociação*, e as envia como uma requisição de serviço aos agentes mediadores. Esta requisição é uma consulta feita às organizações de agentes de suporte e contém informações sobre a negociação. A resposta a esta consulta é a avaliação das organizações de agentes de suporte em

²⁹ No caso da empresa, a única intenção dos agentes negociadores é vender.

relação à negociação, assim sendo, a resposta contém um novo conjunto de preferências para negociação que representam estratégias para negociação. Sendo assim, o *Componente de Consulta* define as preferências para a negociação recebidas na consulta como as novas preferências a serem utilizadas pelo *Componente de Negociação*.

5.5.6 Componente de Monitoramento

O objetivo do componente de monitoramento é estar continuamente verificando o valor ou o estado de um conjunto de variáveis do ambiente e informar o componente de análise sobre as alterações nessas variáveis. Entretanto, em alguns casos não é interessante fazer o monitoramento constante das variáveis, logo, este componente também atua coletando dados do ambiente sob demanda. Os indicadores do mercado financeiro são exemplos de informações que poderiam ser monitoradas no ambiente. Exemplos de dados coletados são aqueles provenientes dos fornecedores, onde estes poderiam ser adquiridos através da interação com outros agentes.

Enfim, os dados coletados ou monitorados podem ser os mais diversos possíveis, assim como os mecanismos para fazer tal coleta ou monitoramento. Entretanto, estes mecanismos dependem das variáveis definidas pela empresa, que por sua vez estão relacionadas com o domínio de negócio. Portanto, somente a especificação deste componente é provida, ou seja, a empresa deve implementar este componente com o mecanismo de monitoramento ou coleta mais adequado para suas necessidades.

5.5.7 Componente de Análise

O objetivo do componente de análise é, dado um conjunto de dados, realizar alguma análise sobre estes de dados, de forma a extrair informações que possam ser utilizadas na negociação. Por exemplo, uma agência de turismo monitora as promoções que hotéis, restaurantes e empresas aéreas oferecem. Um mecanismo de análise deve ser capaz de computar estes dados de forma que eles possam ser refletidos no pacote para o turista.

Além de ser utilizada para analisar as variáveis do ambiente, este componente também pode ser utilizado para analisar os dados da negociação, desta forma, transformando estes dados em informações que possam ser utilizadas pelos agentes de suporte.

Como este componente está diretamente relacionado com as variáveis definidas pela empresa, não é possível definir sua implementação *a priori*. Portanto, assim como o componente de monitoramento, somente a especificação deste componente é provida, ficando a cargo da empresa a sua implementação.

5.5.8 Componente de Inferência

Componente que implementa a inferência do agente de suporte em cima de uma base de regras. Como diversos mecanismos de inferência já foram implementados, neste trabalho resolveu-se utilizar o Jess³⁰ (Friedman-Hill, 2003), um motor de inferência construído em Java, o qual oferece uma API para acessar suas funcionalidades.

Este componente funciona como uma fachada para o motor de inferência Jess. O serviço provido pelo agente de suporte, e que é desempenhado por este componente, é receber informações sobre a negociação e sobre o ambiente da empresa, e retornar novas estratégias para negociação. Estas estratégias definem, portanto, um novo conjunto de preferências para negociação que é utilizado pelo *Componente de Negociação*.

5.5.9 Componente de Mediação

Como diversas organizações de agentes de suporte podem existir e, nestas organizações, também diversos agentes de suporte podem existir, as mensagens trocadas entre os agentes negociadores e as organizações de agentes se tornam um problema. Os agentes negociadores existem durante o período de negociação, desta forma, construir o conhecimento social deste agente através de sua comunicação com todos os outros agentes, resultaria numa troca de mensagens muito grande. Da mesma forma, ao adicionar ou atualizar um agente de suporte, ele precisaria se comunicar com todos os agentes negociadores. A introdução de um agente mediador, que “conhece” todos os agentes de suporte elimina essas dificuldades.

O *Componente de Mediação* é bastante simples, embora seja muito importante. Seu objetivo é implementar a mediação entre as consultas dos agentes negociadores e as organizações de agentes de suporte. Ao receber uma consulta dos agentes negociadores, este componente verifica que dados estão contidos nesta consulta e interage com o *Componente Social* para identificar os agentes de suporte adequados para responder a consulta. Finalmente, ao receber a resposta do agente de suporte, essa resposta é encaminhada de volta ao agente negociador.

5.6 Ontologia e Base de Regras

A plataforma multi-agente para negociação automatizada apresentada neste capítulo, oferece a infra-estrutura necessária para que a empresa possa ter um sistema que apóia as decisões de seus agentes negociadores. Entretanto, para que isto possa acontecer, é preciso, além

³⁰ *Java Expert System Shell*

da plataforma multi-agente, a definição do conhecimento da empresa sobre negociação. Este conhecimento não pode ser definido *a priori*, porque ele depende tanto do domínio em que a empresa está inserida, como do seu conhecimento sobre a negociação de produtos. Neste sentido, duas questões fundamentais são identificadas:

- a descrição dos conceitos do negócio que serão utilizados pelos agentes;
- a descrição do conhecimento da empresa sobre como negociar um produto.

A proposta apresentada nesta dissertação é considerar as informações presentes no ambiente da empresa para apoiar as decisões dos agentes negociadores. Para descrever o conhecimento de uma empresa sobre a negociação de produtos, diversos termos e conceitos sobre a negociação, empresa e seu ambiente devem ser utilizados. Uma primeira questão identificada em relação à definição do conhecimento de uma empresa sobre negociação, diz respeito à descrição destes conceitos sobre o negócio (negociação, empresa e seu ambiente). A abordagem utilizada para tratar esta questão é a utilização de uma ontologia, a qual apresenta uma visão unificada do negócio, descrevendo todos os conceitos que estão relacionados com este negócio.

A segunda questão diz respeito à descrição do conhecimento que a empresa tem sobre a negociação. Este conhecimento deve relacionar as informações presentes no ambiente da empresa e as informações sobre alguma instância de negociação, e apresentar as melhores estratégias a serem utilizadas na negociação. A abordagem utilizada para descrever este conhecimento foi a utilização de regras de produção. A partir dos conceitos descritos com a ontologia, regras são utilizadas para descrever o conhecimento da empresa sobre a negociação de produtos.

Para tratar essas duas questões, duas tecnologias foram adotadas: a ferramenta Protégé-2000 (Stanford Medical Informatics, 2003) e o motor de inferência Jess (Friedman-Hill, 2003). O Protégé-2000 é uma dentre as diversas ferramentas que permite a rápida construção e edição de ontologias de domínio. Esta ferramenta foi escrita na linguagem Java e oferece uma API para que seus recursos de edição de ontologias possam ser utilizados a partir de programas Java. O Jess é um clone de um popular motor de inferência (CLIPS Expert System Shell (Riley, 2003)), totalmente re-escrito em Java. Ele dá suporte ao desenvolvimento de sistemas especialistas baseados em regras, os quais podem ser altamente acoplados com o código escrito na linguagem de programação Java. O Jess também permite que seus recursos de inferência e construção de bases de conhecimento possam ser utilizados em programas Java através de uma API. Além disso, através do *plug-in* JessTab (Eriksson, 2003) é possível integrar a ferramenta Protégé-2000 ao

motor de inferência Jess. Portanto, devido às facilidades para construção de ontologias e base de conhecimento baseada em regras, a possibilidade de integração entre si e a capacidade de utilizá-las em programas Java, essas tecnologias foram adotadas para serem utilizadas nesta pesquisa.

O conhecimento de uma empresa sobre a negociação de produtos, definido através de um conjunto de regras, é utilizado pelos agentes de suporte, logo, são estes agentes que detêm o conhecimento da empresa sobre a negociação de produtos. Já a ontologia, além de ser utilizada para dar suporte à construção da base de conhecimento sobre a negociação de produtos, é utilizada para descrever o conhecimento social dos agentes. Por exemplo, se um agente de monitoramento trata das variáveis X e Y, ou se um agente de suporte contém regras que estão relacionadas com estes variáveis X e Y, então o conhecimento social sobre estes agentes será descrito com os termos na ontologia que tratam dessas variáveis.

5.7 Discussão

Neste capítulo foi apresentada uma proposta de plataforma multi-agente para lidar com o problema da negociação automatizada. Esta plataforma implementa o modelo de negociação (através dos agentes negociadores) e o modelo de suporte à decisão (através das organizações de agentes de suporte) apresentados no capítulo anterior, para prover uma infra-estrutura de negociação automatizada para a empresa.

A partir dessa infra-estrutura, uma empresa pode então descrever seu conhecimento sobre a negociação de produtos através de um conjunto de regras, as quais serão utilizadas pelos agentes. Isto implica em um esforço da empresa para criação das regras e, portanto, tornar o sistema operacional. As regras refletem a tomada de decisão da empresa durante uma negociação, seja ela realizada por um agente humano, ou por um sistema que apóie as decisões dos agentes humanos. Portanto, a empresa pode se valer do conhecimento de tais agentes humanos para construir suas regras. Da mesma forma, a empresa também pode se valer de sistemas já existentes, como *data mining*, *data warehouse*, dentre outros, para, a partir deste legado, inserir no sistema seu conhecimento sobre a negociação de produtos.

Para a análise e o projeto dessa plataforma multi-agente foi utilizado o COMPOR, portanto, a descrição desta plataforma se deu com bases nos artefatos gerados nas fases de análise e projeto. O desenvolvimento se deu na linguagem de programação Java, através da implementação de diversos componentes que implementam as funcionalidades dos agentes e o arcabouço de componentes COMPOR-F foi utilizado para fazer a integração entre os componentes.

Capítulo 6

Estudo de caso: Turismo pela Internet

Este capítulo traz um estudo de caso que demonstra uma realização da plataforma multi-agente para negociação automatizada em um domínio específico. O objetivo aqui é ilustrar o funcionamento de tal plataforma e dos seus agentes, além de mostrar a adequação da solução proposta nesta dissertação para o problema da negociação automatizada. Neste sentido, é demonstrado como uma empresa configuraria a plataforma para utilização e como seria o seu funcionamento em alguns cenários hipotéticos.

O estudo de caso é então descrito na Seção 6.1. Em seguida, é demonstrada a criação das organizações de agentes de suporte na Seção 6.2. Na Seção 6.3 é ilustrado o funcionamento do sistema através de alguns cenários. Na Seção 6.4 é apresentada uma avaliação do sistema. Finalmente, na Seção 6.5, são apresentadas as considerações finais do capítulo.

6.1 Descrição do Estudo de caso

O objetivo deste estudo de caso é mostrar a adequação da solução proposta nesta dissertação a um problema real que envolva a negociação automatizada. Desta forma, este estudo de caso trata de uma agência virtual de turismo hipotética, chamada *Turismo pela Internet*, que oferece a negociação automatizada de pacotes de turismo para seus clientes.

O problema pode então ser visto como uma interação *cliente* \times *agência de turismo*, onde estas duas entidades negociam um pacote de turismo, e também uma interação *agência de turismo* \times *ambiente*, onde o resultado dessa interação influencia diretamente na negociação. O ambiente diz respeito às entidades externas à empresa, com as quais ela se relaciona. Assim sendo, a empresa *Turismo pela Internet* quer negociar de forma automatizada com seus clientes, mas quer também que essas negociações levem em conta o seu ambiente.

No relacionamento *cliente* \times *agência de turismo*, o cliente tem idéia do pacote de turismo desejado, então busca interagir com a empresa em busca de obter melhores condições na aquisição do pacote de turismo. O cliente, então, configura seu agente negociador com as opções do pacote, transporte, hospedagem e opções extras, onde esta última pode ser a locação de um

carro ou pacotes culturais. O agente negociador do cliente busca então barganhar o preço deste pacote com o agente negociador da loja.

No relacionamento *agência de turismo × ambiente*, a agência de turismo tem vários relacionamentos com entidades de seu ambiente. Estes relacionamentos determinam as condições pela quais os pacotes podem ser oferecidos para os seus clientes. De uma forma geral, os principais relacionamentos da agência de turismo com seu ambiente podem ser descritos como ilustrado na Figura 23. Tem-se, conseqüentemente, uma malha de relacionamentos que podem influenciar nas condições pelas quais um pacote de turismo pode ser oferecido ao consumidor, assim como podem influenciar na negociação entre empresa e cliente. Em alguns casos, como no relacionamento *Agência de Turismo × Hospedagem*, a empresa está se relacionando com entidades de tipos diferentes, como *hotéis*, *pousadas* e *albergues*, mas no final das contas, estes relacionamentos são interações entre a *Agência de Turismo* e instâncias das entidades descritas no relacionamento, como os *hotéis de Maceió*, *pousadas em Natal*, *Empresas aéreas brasileiras*, etc.

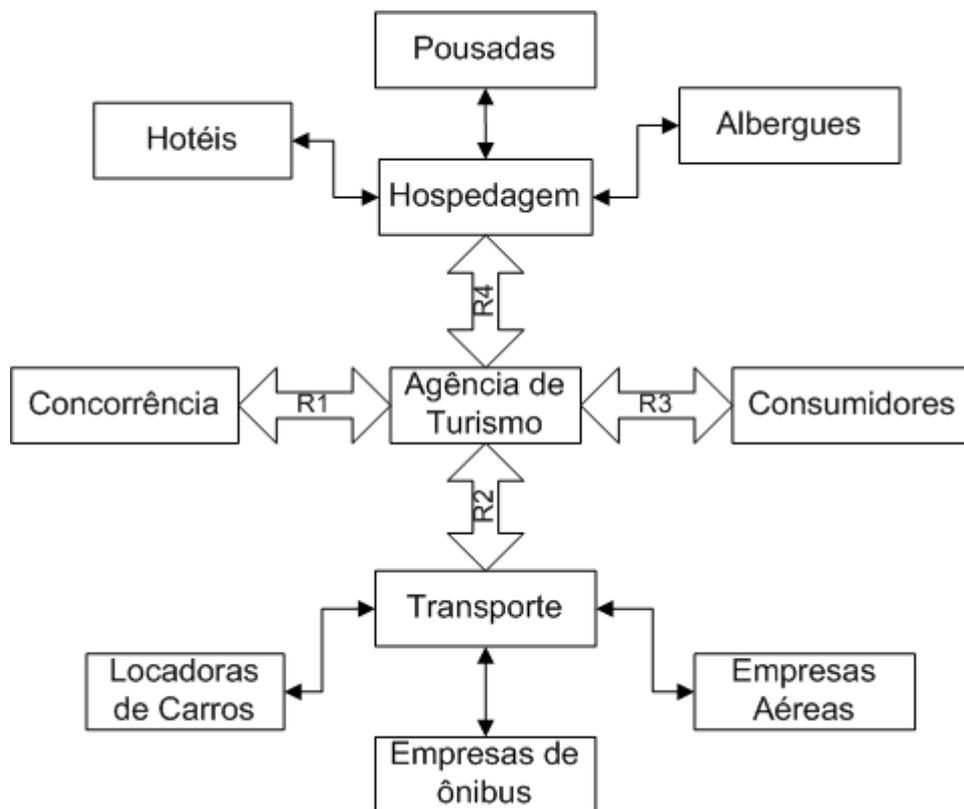


Figura 23 – relacionamentos entre Agência de Turismo × Ambiente

Para que a plataforma multi-agente proposta nesta dissertação possa ser utilizada, a empresa deve definir quais os relacionamentos que influenciarão a negociação com o consumidor. Neste sentido, suponha que a agência de turismo escolheu os seguintes relacionamentos:

- Agência de turismo × consumidores;
- Agência de turismo × empresas de transporte.

Portanto, a partir destes dois relacionamentos, variáveis que influenciem a negociação devem ser identificadas a fim de que os agentes negociadores possam ser apoiados na sua tomada de decisão durante a negociação.

6.2 Criação das organizações de agentes de suporte

Para que o sistema se concretize completamente, é preciso que a *Agência de Turismo* defina quais informações sobre seu ambiente influenciam a negociação de produtos (pacotes de turismo, passagens, hospedagem, etc.). A partir destas informações, a empresa pode então criar os agentes de monitoramento e suporte, de forma que estes agentes apoiem os agentes negociadores nas negociações.

6.2.1 A ontologia

O primeiro passo, então, é definir a ontologia de negócio para a empresa. A ontologia define todos os dados que serão conhecidos pelos agentes, sejam eles referentes à negociação ou aos relacionamentos da empresa. Assim sendo, nesta ontologia devem estar descritos os relacionamentos da empresa (neste estudo de caso, relacionamento com consumidores e relacionamento com as empresas de transporte), as variáveis que serão monitoradas e analisadas (os possíveis vôos, promoções, histórico de compras do consumidor) e os dados sobre a negociação. A Figura 24 ilustra a ontologia definida para este estudo de caso.

Na raiz da ontologia ilustrada pela Figura 24, tem-se o negócio constituído dos relacionamentos da empresa com o ambiente (*Relacionamentos*) e do relacionamento de negociação com o consumidor (*Negociação*). Para os relacionamentos *Transporte* e *Consumidores* são definidas as entidades que constituem estes relacionamentos, assim como suas propriedades.

No relacionamento *Transporte*, as variáveis que podem influenciar a negociação são:

- preço;
- conforto;
- duração da viagem.

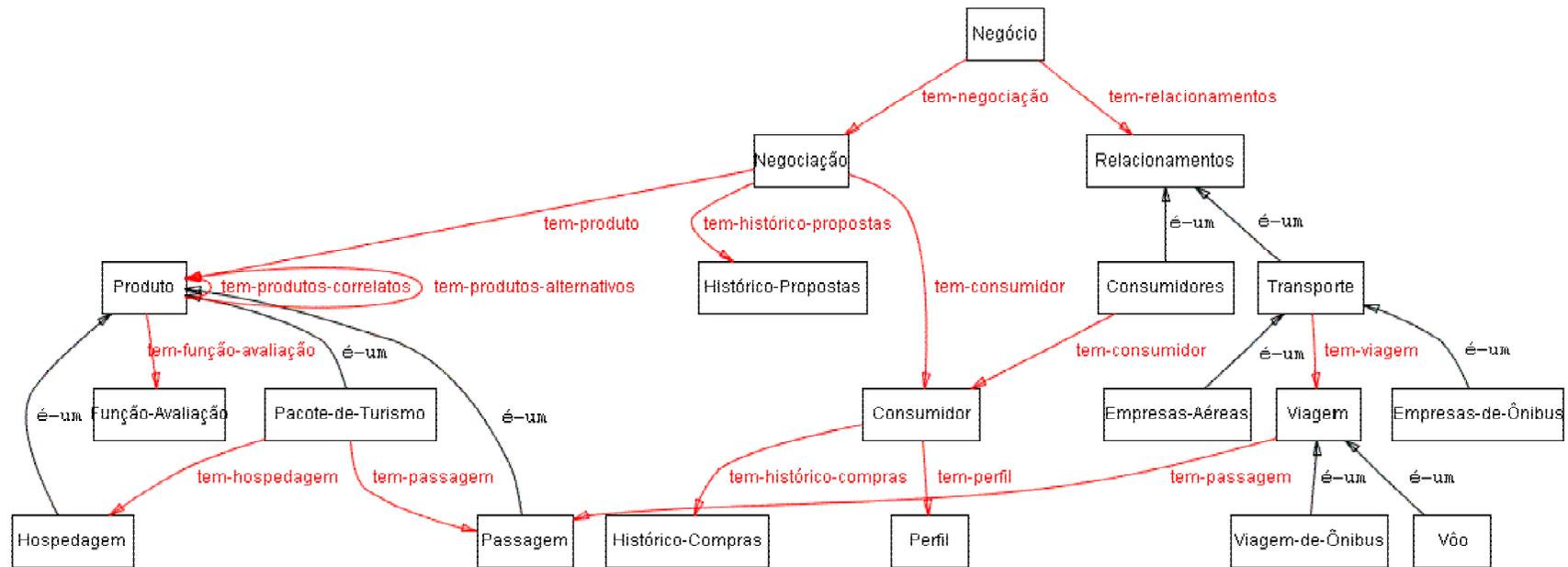


Figura 24 – Exemplo de ontologia utilizada no protótipo

Entretanto, em se tratando de um voo, outras variáveis podem ser consideradas, como por exemplo:

- número de conexões;
- promoções;
- reputação da empresa (possibilidade de *overbook*);
- etc.

No relacionamento *Consumidores*, as variáveis que podem influenciar a negociação estão relacionadas com o *Consumidor*, como por exemplo:

- produtos correlatos (aluguel de carros, opções de lazer, etc.);
- produtos alternativos (outras opções de vôos, destinos, datas, hotéis, etc.);
- segmentação dos consumidores;
- perfil do consumidor;
- histórico de compras.

Além dos relacionamentos e das variáveis, na ontologia devem também ser definidos os dados sobre a negociação. Isto é importante para que os agentes das organizações de suporte também possam manipular estes dados, ou seja, os agentes das organizações de suporte também devem ser capazes de saber o que está acontecendo na negociação para poder oferecer o suporte à tomada de decisão dos agentes negociadores. Exemplos destes dados seriam:

- identificação do consumidor;
- produto negociado e preferências para negociação;
- histórico das propostas trocadas entre os agentes negociadores.

6.2.2 As organizações de agentes de suporte

A partir da ontologia, os relacionamentos da empresa identificados são então mapeados em organizações de agentes, neste estudo de caso, duas organizações: *Organização de Suporte Transporte* e *Organização de Suporte Consumidor*. Estas organizações de agentes recebem consultas dos agentes negociadores, as quais contêm as informações sobre a negociação. As respostas a estas consultas são novas preferências para negociação que serão utilizadas pelos agentes negociadores.

Como destacado no Capítulo 5, cada organização é formada por três tipos de agente: agente mediador, agentes de suporte e agentes de monitoramento. O agente mediador recebe as consultas dos agentes negociadores e as distribui entre os agentes de suporte. Estes inferem estratégias para negociação segundo as análises dos agentes de monitoramento e o conhecimento definido sobre a negociação de produtos. Os agentes de monitoramento coletam diversos dados no ambiente e provêem suas análises para os agentes de suporte.

6.2.3 Agentes de Monitoramento

Os agentes de monitoramento³¹ devem coletar ou monitorar informações no ambiente da empresa, analisar estes dados e oferecer a análise aos agentes de suporte. Eles também podem receber requisições de serviços dos agentes de suporte, na forma de consultas. Estas consultas contêm alguns dados (dados sobre a negociação, por exemplo) para serem analisados.

Para a primeira organização (*Transporte*) foram identificados os seguintes agentes de monitoramento: *Agente de Monitoramento Vôo* e *Agente de Monitoramento Ônibus-Vôo*. Para a segunda organização, *Consumidores*, os seguintes agentes foram identificados: *Agente de Monitoramento Produto*, *Agente de Monitoramento Consumidor* e *Agente de Monitoramento Negociação*.

6.2.3.1 Agente de Monitoramento Vôo

Este agente de monitoramento coleta informações sobre os vôos junto às empresas aéreas e busca informações sobre as variáveis definidas na Subseção 6.2.1, ou seja, busca descobrir preço, descontos, promoções, número de vagas, etc. Devido à grande quantidade de empresas aéreas e vôos, ter um agente continuamente monitorando as alterações nas variáveis relativas às empresas aéreas geraria uma sobrecarga muito grande. Assim sendo, o *Agente de Monitoramento Vôo* coleta os dados somente quando recebe uma requisição dos agentes de suporte. Além de fornecer os dados sobre os vôos para os agentes de suporte, uma outra análise possível seria determinar as melhores opções de vôos, como o vôo mais barato, o vôo mais rápido, etc.

O *auto conhecimento*, como definido na Subseção 5.5.2, descreve o conhecimento do agente sobre ele mesmo, o qual é enviado aos demais agentes quando ele entra no sistema, de forma a torná-lo conhecido. Para este agente, seu auto conhecimento contém:

³¹ A implementação dos mecanismos de monitoramento e análise está fora do escopo desta dissertação, portanto, as próximas subseções trazem uma descrição resumida destes mecanismos.

- sua identificação – agente de monitoramento voo;
- organização – *transporte*;
- tipo – agente de monitoramento;
- habilidades – monitoramento e análise;
- dados³² – empresas aéreas.

Portanto, o auto conhecimento indica que o *agente de monitoramento voo* pertence à organização de suporte *transporte* e faz monitoramento e análise das informações sobre as *empresas aéreas*, como os vôos, por exemplo.

6.2.3.2 Agente de Monitoramento Ônibus-Voo

Diferente das empresas aéreas, geralmente as empresas de ônibus não apresentam promoções ou descontos, por isso, não há variações repentinas nos seus preços. Entretanto, devido aos valores das passagens de ônibus serem mais baixos que os valores das passagens de avião, a opção de viajar de ônibus se torna muitas vezes mais atraente para aqueles consumidores que buscam baratear o custo de uma viagem. A combinação entre percorrer um trecho da viagem de ônibus e outro trecho de avião, também é uma opção de balanceamento entre o preço e a rapidez/conforto. Neste sentido, além de verificar os dados sobre as passagens de ônibus (monitoramento), este agente tem como objetivo combinar trechos da viagem entre avião e ônibus (análise).

Para este agente, seu auto conhecimento contém:

- sua identificação – agente de monitoramento ônibus-voo;
- organização – *transporte*;
- tipo – agente de monitoramento;
- habilidades – monitoramento e análise;
- dados – empresas aéreas, empresas de ônibus.

Portanto, estes dados indicam que o *agente de monitoramento ônibus-voo* pertence à organização de suporte *transporte* e faz monitoramento e análise das informações sobre *empresas aéreas* e *empresas de ônibus*.

³² Os dados indicados no conhecimento social do agente são descritos na ontologia.

6.2.3.3 Agente de Monitoramento Produto

Este agente recebe em suas consultas o produto que está sendo negociado (por exemplo, pacote de turismo, passagem aérea, hospedagem, etc.) e a identificação do cliente. Baseado na identificação, ele recupera o perfil do cliente e o seu histórico de compras. Com estas informações em mãos, este agente pode analisá-las, por exemplo, utilizando mineração de dados para descobrir produtos correlatos ou alternativos ao produto negociado.

O *auto conhecimento* para este agente contém:

- sua identificação – agente de monitoramento produto;
- organização – *consumidor*;
- tipo – agente de monitoramento;
- habilidades – monitoramento e análise;
- dados – produto, consumidor.

Portanto, estes dados indicam que o *agente de monitoramento produto* pertence à organização de suporte *consumidor* e faz monitoramento e análise das informações sobre *produtos*.

6.2.3.4 Agente de Monitoramento Consumidores

Este agente recebe em suas consultas a identificação do cliente. Baseado neste dado, o agente recupera o histórico de compras no banco de dados da empresa e utiliza seu mecanismo de análise para concluir em que segmento o cliente pode ser enquadrado. Por exemplo, clientes que geram muito lucro para a empresa, clientes ordinários e clientes que geram prejuízo para a empresa.

O *auto conhecimento* para este agente contém:

- sua identificação – agente de monitoramento consumidores;
- organização – *consumidor*;
- tipo – agente de monitoramento;
- habilidades – monitoramento e análise;
- dados – consumidor.

Portanto, estes dados indicam que o *agente de monitoramento consumidor* pertence à organização de suporte *consumidor* e faz monitoramento e análises das informações sobre os consumidores.

6.2.3.5 Agente de Monitoramento Negociação

Este agente recebe consultas contendo as propostas trocadas entre os agentes negociadores. Baseado nos dados recuperados, ele utiliza uma heurística para indicar se a negociação vai resultar em acordo ou não, e que estratégia a contraparte está utilizando.

O *auto conhecimento* para este agente contém:

- sua identificação – agente de monitoramento negociação;
- organização – *consumidor*;
- tipo – agente de monitoramento;
- habilidades – monitoramento e análise;
- dados – histórico das propostas.

Portanto, estes dados indicam que o *agente de monitoramento negociação* pertence à organização de suporte *consumidor* e faz monitoramento e análise das informações sobre a troca de propostas.

6.2.4 Agentes de suporte e a base de conhecimento sobre a negociação de produtos

O conhecimento da empresa sobre a negociação de produtos é codificado no sistema através dos agentes de suporte, utilizando regras de produção. Os agentes de suporte recebem as análises dos agentes de monitoramento e, baseado nas regras, inferem estratégias a serem utilizados pelos agentes negociadores.

Cada organização pode ter um ou mais agente de suporte. Isto depende da quantidade de regras para cada organização, a quantidade de variáveis monitoradas em cada relacionamento da empresa e a própria correlação entre as regras, ou entre as variáveis.

Neste estudo de caso foi definido apenas um agente de suporte para cada organização, ou seja, o *Agente de Suporte Consumidor-1* para a *Organização Consumidor* e o *Agente de Suporte Transporte-1* para a *Organização Transporte*. A construção da base de regras para cada agente de suporte tem seu desenvolvimento facilitado pela ontologia. Como o domínio (os relacionamentos da empresa e a negociação) já está descrito na ontologia, a tarefa de construção das regras se resume a relacionar os conceitos do domínio presentes na ontologia.

Por exemplo, considere o *agente de suporte consumidor-1*. As regras deste agente representam o conhecimento da empresa sobre a negociação e, ao verificar que as informações sobre a

negociação ou as variáveis do ambiente satisfazem alguma condição, disparam uma ação. Exemplos de regras são dados logo abaixo, entretanto, para facilitar o entendimento, as regras ilustradas aqui estão no formato **SE condição ENTÃO ação**, e não no formato definido na plataforma, como utilizado nos agentes de suporte.

**SE consumidor.classificação == bom & negociação.talvez-não-alcance-acordo
ENTÃO produto.desconto =%15 (1)**

**SE consumidor.classificação == bom & negociação.nao-alcancará-acordo ENTÃO
produto = produto-alternativo (2)**

**SE consumidor.é-consumista ENTÃO produto.produto-correlato = opção-produto-
correlato (3)**

A primeira regra mostra um exemplo onde, dado que existe uma variável *consumidor* e sua propriedade *classificação* tem o valor *bom*, e também existe uma variável *negociação* cuja propriedade *talvez-não-alcance--acordo* é verdadeira, então a propriedade *desconto* da variável *produto* é definida para 15%.

Na segunda regra, quando a propriedade *classificação* tem o valor *bom* e a variável *negociação* tem sua propriedade *não-alcancará-acordo* com o valor seu valor *verdadeiro*, então a variável *produto* tem seu valor substituído pelo valor da variável *produto-alternativo*.

Na terceira regra, quando a propriedade *é-consumista* da variável *consumidor* tem o valor *verdadeiro*, então a propriedade *produto-correlato* da variável *produto* tem seu valor definido com o valor da variável *opção-produto-correlato*.

6.3 Ilustração de funcionamento do sistema

Na Seção 6.2 foi mostrado como uma agência de turismo pode definir o conhecimento sobre a negociação de produtos, utilizando a plataforma para negociação automatizada apresentada no capítulo anterior. Esta seção traz alguns cenários que buscam ilustrar o funcionamento do sistema, ao mesmo tempo em que buscam também mostrar como os diferenciais inseridos nesta pesquisa contribuem positivamente para a negociação automatizada.

6.3.1 Cenário Ilustrativo 1

Após a configuração dos agentes que formam as organizações de suporte, eles estariam organizados como ilustrado na Figura 25.

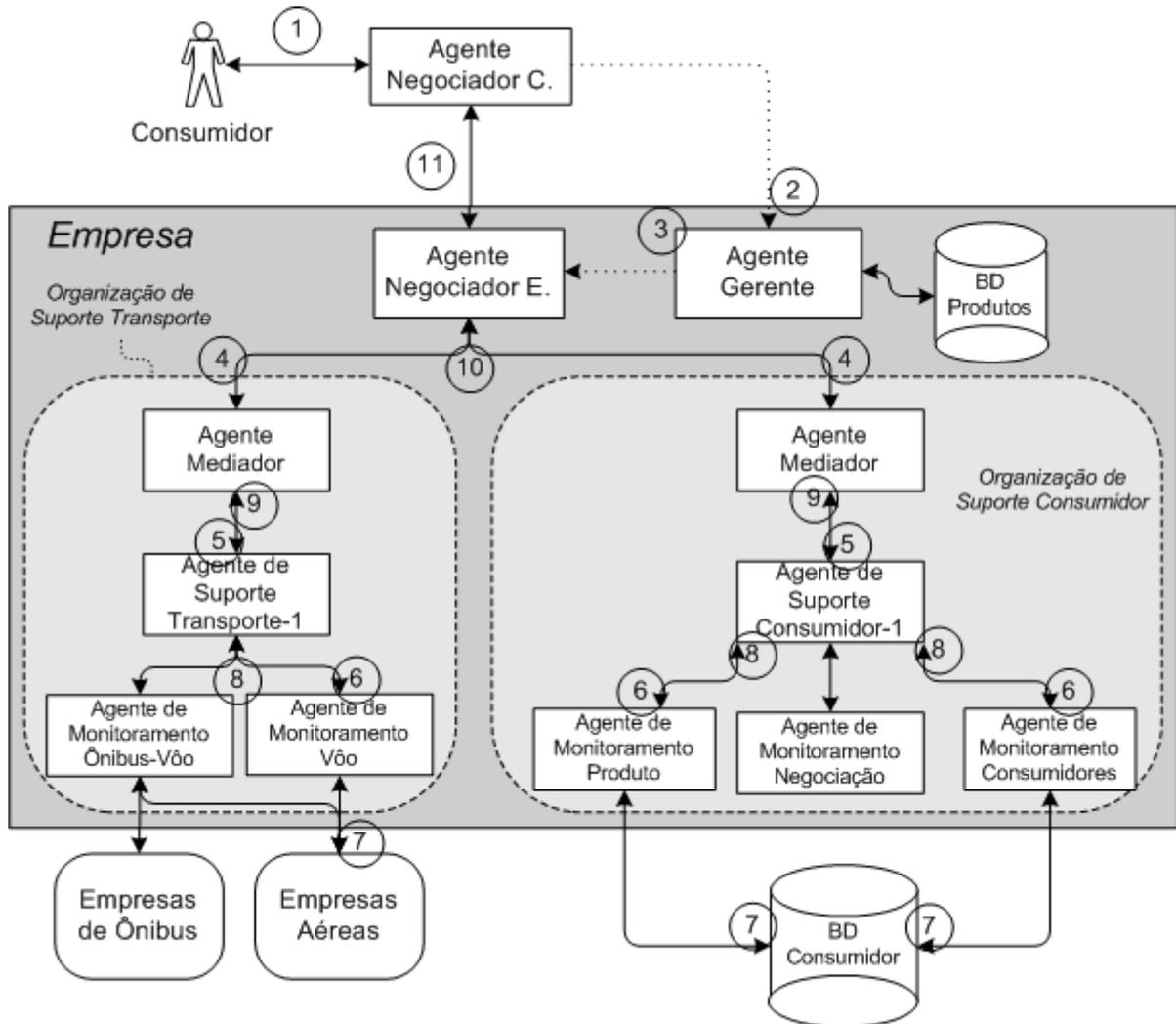


Figura 25 – Cenário ilustrativo do funcionamento do sistema (1)

Um possível cenário de interação se daria da seguinte forma:

1. O consumidor configura seu agente negociador através de um formulário, onde descreve as opções do pacote de viagem (transporte, hospedagem, etc.) e, para cada opção, define quais os atributos que serão negociados, a importância de cada atributo na negociação e quais as restrições para estes atributos (possíveis valores). Portanto, dado o modelo de negociação apresentado no Capítulo 4, através do formulário o consumidor configura um objeto $o = \{C, t\}$ para ser negociado pelo agente.

Suponha que o consumidor seja um estudante de Maceió e deseja adquirir um pacote de turismo para Fortaleza, onde participará de um congresso. A viagem deverá acontecer daqui a 10 dias e sua estadia em Fortaleza durará 3 dias. O consumidor, então, configura seu agente negociador de forma a dar mais importância ao hotel do que ao vôo e define como demais

preferências as opções de pacotes onde o custo é menor que R\$ 1.500,00 e o tempo de voo é o mais curto.

2. Após ser configurado, o *agente negociador do consumidor* envia uma requisição para a empresa a fim de negociar o produto especificado. A requisição é recebida pelo *agente gerente*.
3. O *agente gerente* lê as configurações para negociar o produto especificado de um BD e configura um agente negociador (*Agente Negociador E.*) para interagir com o *agente negociador do consumidor*.

Segundo a requisição do *agente negociador do consumidor*, o *agente gerente* lê um pacote padrão (*hotel X, voo 345*) do BD, adquirido pela maioria das pessoas que vão para Fortaleza e que se encaixa nas restrições expostas pelo *agente negociador do consumidor*. Este pacote é constituído pela especificação das passagens aéreas e de um hotel.

4. O agente negociador da empresa envia os dados sobre a negociação para serem analisados pelas organizações de agentes de suporte.
5. Os agentes mediadores das organizações *Transporte* e *Consumidor* recebem os dados sobre a negociação e distribuem entre os agentes de suporte das duas organizações.
6. Os agentes de suporte enviam as informações sobre a negociação para serem analisadas pelos agentes de monitoramento.
7. Os agentes de monitoramento consultam possíveis informações no ambiente e realizam a análise necessária.
 - a. O *Agente de Monitoramento Consumidores* recebe como informação da negociação a identificação do consumidor, então, recupera o histórico de compras deste consumidor e verifica que ele é um *ótimo consumidor* por sempre estar adquirindo pacotes de turismo para participar de congressos.
 - b. O *Agente de Monitoramento Negociação* não foi consultado, pois ainda não ocorreram trocas de propostas.
 - c. O *Agente de Monitoramento Produto* também recebe a identificação do cliente e verifica, através do histórico de compras, que ele prefere hotéis mais simples, raramente adquire pacotes com programações culturais e geralmente loca um carro. Este agente oferece como resultado de suas análises:
 - i. sugere hotel Y, mais simples que o escolhido no BD;
 - ii. um produto correlato: a locação de um carro.

- d. O *Agente de Monitoramento Voo* recebe como informação a especificação do voo Maceió – Fortaleza, sem escalas. Entretanto, ele verifica que o voo 987 Maceió – Natal – Fortaleza está com sua lotação baixa, e um desconto está sendo oferecido nestes voos, portanto, sugere a alteração do voo.
 - e. O *Agente de Monitoramento Ônibus-Voo* não foi consultado, pois o cliente escolheu viajar de avião.
8. O resultado da análise é enviado aos agentes de suporte.
9. Com base nas análises, os agentes de suporte enviam as seguintes inferências aos agentes mediadores:
- a. *Agente de Suporte Consumidor-1*
 - i. alterar o hotel para *hotel Y*;
 - ii. um desconto de 10% se um carro também for locado.
 - b. *Agente de Suporte Transporte-1*
 - i. alterar o voo para *voo 987*.
10. As novas preferências para negociação são enviadas para o agente negociador. Essas preferências definem quatro produtos que podem ser negociados:
- a. Hotel Y, voo 987, locação de carro e desconto de 10%;
 - b. Hotel Y e voo 987;
 - c. Hotel X e voo 345, locação de carro e desconto de 10%;
 - d. Hotel X e voo 345.
11. Inicia-se a negociação entre os agentes negociadores.
- a. Primeiramente, os agentes devem decidir o produto a ser negociado, portanto, o agente negociador da empresa oferece o pacote *hotel Y, voo 987*, locação de carro e desconto de 10%.
 - b. O agente negociador do consumidor recusa o carro.
 - c. O agente negociador da empresa oferece o segundo pacote *hotel Y, voo 987*.
 - d. O agente negociador do consumidor aceita o pacote e as condições, fechando a compra.

6.3.1.1 Discussão sobre o cenário 1

Em outras propostas para negociação automatizada, a partir das configurações para as preferências da negociação definidas por Consumidor e Empresa (passos 1 e 3), os agentes negociadores procuram encontrar um acordo. Portanto, eles partem para a negociação (passo 11).

Nesta pesquisa, o modelo de suporte à tomada de decisão permite que as preferências para negociação da empresa possam ser revistas segundo um Sistema Multi-Agente (SMA) que detém um conhecimento especializado sobre a negociação de produtos (passos 4 a 10). Este SMA é capaz de alterar as preferências para a negociação segundo um conjunto de informações que estão presentes no ambiente da empresa.

Neste exemplo, estas informações dizem respeito aos meios de Transporte que podem influenciar na negociação, assim como as informações sobre os próprios Consumidores. O SMA funciona, então, monitorando os dados relacionados com Transporte e Consumidores, e gerando informações a partir da análise destes dados (passo 7).

As informações geradas são então utilizadas para redefinir as preferências para negociação pelos agentes de suporte, os quais possuem um conjunto de regras que ditam como as preferências para negociação devem ser alteradas segundo os dados monitorados (passo 9).

Desta forma, o suporte à tomada de decisão oferecido aos agentes negociadores visa enriquecer o processo de negociação, considerando as informações presentes no ambiente e definindo um conjunto de preferências mais adequado para negociação. As conseqüências deste suporte à tomada de decisão são o aumento da possibilidade dos acordos serem alcançados, assim como o aumento da satisfação com um provável acordo.

Durante a negociação (passo 11), as novas opções inseridas (oferecer descontos, produtos alternativos ou produtos correlatos) também corroboram para que um melhor resultado seja alcançado. Neste sentido, durante suporte à tomada de decisão oferecido aos agentes negociadores, estas novas opções para negociação são selecionadas quando adequadas e os agentes negociadores as utilizam quando disponíveis.

6.3.2 Cenário Ilustrativo 2

Um segundo cenário ilustrativo é apresentado com a Figura 26.

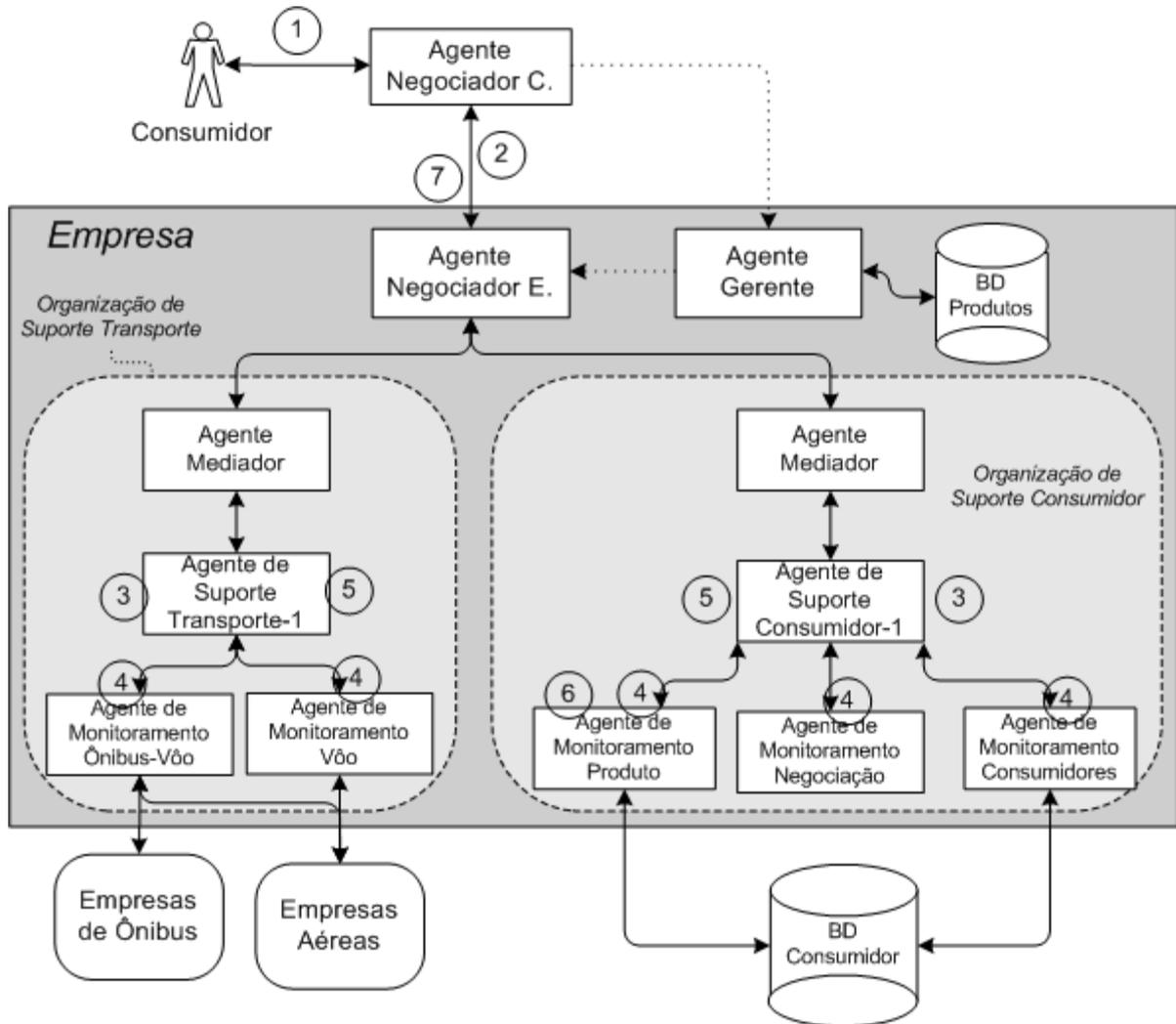


Figura 26 – Cenário ilustrativo do funcionamento do sistema (2)

1. Um consumidor deseja negociar um pacote de turismo para João Pessoa. Ele configura seu agente negociador com as informações sobre transporte, hotel e o envia para negociar o referido pacote.
2. O agente negociador da empresa consulta as organizações de suporte. Os agentes de suporte oferecem pacotes alternativos e produtos correlatos, mas não são aceitos pelo negociador, logo, o pacote original do consumidor é negociado.
3. Perto do final da negociação, uma nova consulta é feita aos agentes de suporte, informando que os pacotes alternativos e correlatos não foram aceitos, e informando também as propostas trocadas entre os agentes negociadores.
4. Os agentes de monitoramento retornam as seguintes análises:

- a. O *Agente de Monitoramento Produto* verifica que às vezes o consumidor loca um carro no destino, então, sugere como produto correlato a locação de um carro.
 - b. O *Agente de Monitoramento Consumidores* verifica que o consumidor viaja regularmente, portanto, é lucrativo para a empresa.
 - c. O *Agente de Monitoramento Negociação* verifica que se um desconto de 5% fosse oferecido, a negociação provavelmente acabaria em acordo até o final do tempo máximo para negociar.
 - d. O *Agente de Monitoramento Ônibus-Vôo* verifica que o consumidor não tem preferência para viajar de ônibus ou avião, assim sendo, oferece uma viagem de ônibus.
 - e. O *Agente de Monitoramento Vôo* não consegue achar um vôo mais barato.
5. Os agentes de suporte inferem as seguintes opções:
- a. *Agente de Suporte Transporte-1*:
 - i. viagem de ônibus para tornar o pacote mais barato.
 - b. *Agente de Suporte Consumidor-1*
 - i. pacote atual e produto correlato (locação de um carro) com desconto de 15%;
 - ii. pacote atual e um desconto de 5%;
 - iii. pacote alternativo mais barato e um desconto de 2%.
6. O *Agente de Monitoramento Produto* é consultado por um pacote alternativo mais barato, mas nenhum pacote é encontrado.
7. O agente negociador recebe a inferência dos agentes de suporte e continua a negociação.
- a. A mudança do produto negociado para um pacote com a locação de um carro e um desconto de 15% foi recusada.
 - b. Ao oferecer o desconto de 5% no pacote que estava sendo negociado, o agente consumidor aceita a proposta, encerrando a negociação.

6.3.2.1 Discussão sobre o cenário ilustrativo 2

Este segundo cenário ilustra uma situação onde os agentes negociadores são incapazes de chegar a um acordo com as preferências para negociação definidas antes da negociação. Neste sentido, o suporte à decisão oferecido aos agentes negociadores durante o andamento da

negociação mostra-se fundamental para que um acordo mutuamente aceitável possa ser alcançado.

6.4 Avaliação do Sistema

Após o desenvolvimento da plataforma multi-agente para negociação automatizada apresentada no Capítulo 5, o estudo de caso trazido neste capítulo foi útil para se ter uma avaliação do sistema desenvolvido. Esta seção traz comentários avaliando tanto a construção da plataforma multi-agente como o estudo de caso desenvolvido.

6.4.1 Análise, projeto e desenvolvimento da plataforma multi-agente

Em relação à construção da plataforma multi-agente, considerando as fases de análise, projeto, desenvolvimento e testes, a utilização do ambiente COMPOR contribuiu positivamente neste processo.

Diferente de outras soluções para o desenvolvimento de software multi-agente, as quais dão uma maior ênfase às fases de análise e projeto, e comumente não abordam todas as fases do desenvolvimento, o COMPOR, com suas diretrizes, técnicas e ferramentas, constitui-se numa solução de engenharia de software que permite tratar da construção de software multi-agente como um todo. Desta forma, há tanto uma preocupação com uma correta e rica definição dos artefatos em cada fase, assim como estes artefatos estão relacionados com as fases seguintes, facilitando o trabalho de construção de software multi-agente.

Os artefatos gerados na fase de desenvolvimento, os quais são componentes de softwares utilizados pelos agentes, também contribuem para um melhor aproveitamento e reutilização do software gerado. Neste sentido, muitos dos componentes foram reutilizados em mais de um tipo de agente.

Após a definição do modelo de negociação, a construção do componente de negociação utilizado pelos agentes negociadores, tanto compradores quanto vendedores, não apresentou dificuldade alguma.

A utilização de tecnologias já existentes, como o editor de ontologias Protégé-2000 e o motor de inferência Jess, facilitou a construção dos agentes que dão suporte à tomada de decisão dos agentes negociadores. Como tais tecnologias implementam funcionalidades necessárias aos agentes, elas foram reutilizadas de forma a compor componentes necessários aos agentes. Essa reutilização não demandou muito tempo ou recurso, sendo avaliada como fácil e simples.

6.4.2 Estudo de caso no domínio do turismo

A partir da plataforma multi-agente, o protótipo que serve como estudo de caso é alcançado através da configuração da plataforma multi-agente com o conhecimento sobre a negociação de produtos no domínio do turismo.

A definição de tal conhecimento foi uma dificuldade encontrada, visto que o mesmo foi desenvolvido no âmbito acadêmico e não em uma empresa, e os estudantes não têm experiência com a negociação. Como o estudo de caso diz respeito ao domínio do turismo, entrevistas foram feitas em empresas de turismo para tentar capturar este conhecimento sobre a negociação de produtos.

A partir daí, os passos para a finalização do estudo de caso foram:

- construção da ontologia;
- construção dos agentes de monitoramento;
- construção dos agentes de suporte.

Ontologia

A ontologia é parte fundamental do estudo de caso, pois é através dela que se descrevem os conceitos do negócio que são utilizados pelos agentes, ou seja, os dados e informações que serão utilizados no suporte à decisão dos agentes negociadores.

Um problema encontrado foi a utilização de uma única ontologia para todos os agentes, o que acarretou numa dificuldade para manutenção desta ontologia. Neste sentido, uma possível solução seria a utilização de várias ontologias, cada uma descrevendo parte dos conceitos utilizados pelos agentes, de forma a facilitar a manutenção das mesmas.

A construção da ontologia e sua utilização no sistema foram facilitadas com o uso de uma solução já existente, o Protégé-2000. Esta ferramenta permitiu a integração da ontologia desenvolvida com código Java, bem com a integração da ontologia com outras tecnologias, como o motor de inferência Jess.

Essa construção é, portanto, o passo onde se identifica as variáveis pertencentes ao domínio da aplicação, neste caso, domínio do turismo, as quais influenciam na negociação do produto, para este estudo de caso, pacotes de turismo. A execução desta tarefa contribui com as próximas etapas, tanto na construção dos agentes de monitoramento, quanto na construção dos agentes de suporte.

Agentes de Monitoramento

Os agentes de monitoramento são peças fundamentais no suporte à decisão dado aos agentes negociadores, pois, além de coletar os dados que podem influenciar na negociação, estes agentes também devem realizar análises sobre estes dados de forma a oferecer informações úteis para a tomada de decisão dos agentes negociadores.

Estes agentes podem utilizar as tecnologias mais diversas possíveis, tanto para a coleta dos dados quanto para a análise dos mesmos. Neste sentido, após identificar quais os principais dados que influenciarão da negociação, tecnologias já existentes podem ser empregadas para sua análise. Estes dados são identificados durante a construção da ontologia, assim sendo, nesta etapa de construção dos agentes de monitoramento a preocupação recai sobre o monitoramento e análise destes dados.

Por exemplo, ao identificar que os dados sobre consumidores influenciam na negociação, mecanismos de *data mining* são exemplos que podem ser utilizados para análise destes dados, ou mesmo qualquer tecnologia já existente na empresa.

Desta forma, ao se construir os agentes de monitoramento, a maior dificuldade está em encontrar os mecanismos de análise mais adequados para os dados disponíveis, ou ainda criar os próprios mecanismo, conforme a necessidade.

Neste estudo de caso foram utilizados mecanismos simples para o monitoramento e análise dos dados. Estes mecanismos foram implementados no âmbito da disciplina de Inteligência Artificial I, do Curso de Ciência da Computação na Universidade Federal de Alagoas. Eles, portanto, lêem os dados de um BD e, baseado em alguma heurística, retornavam a análise destes dados.

Uma dificuldade encontrada nesta etapa foi a utilização do ambiente de desenvolvimento de agentes COMPOR por parte das equipes. Devido ao fato que os integrantes das equipes não tinham muita experiência com sistemas multi-agentes e também que o ambiente ainda está em fase de maturação, eles tiveram um pouco de dificuldade na construção dos primeiros agentes.

Agentes de Suporte e suas Base de Regras

Os componentes relacionados com os agentes de suporte foram desenvolvidos na fase de construção da plataforma multi-agente, conseqüentemente, nesta etapa são identificados os agentes de suporte necessários ao sistema, assim como criadas suas bases de regras.

A criação destes agentes de suporte e suas bases de regras requerem um esforço da empresa a fim de identificar como as informações geradas pelos agentes de monitoramento

podem influenciar na negociação. Desta forma, esta etapa consiste em fazer com que as bases de regras reflitam os critérios utilizados pelas empresas em suas negociações, e o suporte dado aos agentes negociadores reflita estes critérios através das bases de regras.

No estudo de caso desenvolvido, a construção da base de regras se baseou em entrevistas feitas a agências de turismo. A partir daí, a construção da base de regras se deu relacionando os conceitos já descritos na ontologia. Este trabalho também foi desenvolvido no âmbito da disciplina de Inteligência Artificial I do Curso de Ciência da Computação da Universidade Federal de Alagoas. A construção da base de regras foi, então, facilitada pela infra-estrutura de software já desenvolvida, assim como pela ontologia gerada e pela definição das informações providas pelos agentes de monitoramento. Portanto, a única tarefa nessa fase é a engenharia de conhecimento para criação das bases de regras.

6.5 Discussão

Neste capítulo foi apresentado um estudo de caso para ilustrar, de forma simples, como se dá a configuração, em um domínio específico, da plataforma multi-agente apresentada nesta dissertação. Além disso, também foi ilustrado o funcionamento de tal plataforma multi-agente, destacando suas contribuições no processo de negociação automatizada.

A configuração da plataforma multi-agente diz respeito à definição do conhecimento da empresa sobre a negociação de produtos. Os passos para a configuração da plataforma multi-agente são: a definição de uma ontologia do negócio; os dados relativos ao negócio que serão monitorados e analisados no ambiente da empresa; os mecanismos para realização deste monitoramento e análise; e a construção de uma base de regras que relacione a análise dos dados com o processo de negociação, redefinindo as preferências para negociação dos agentes negociadores.

A plataforma multi-agente oferece, portanto, uma infra-estrutura onde este conhecimento sobre a negociação de produtos pode ser utilizado para oferecer um suporte à tomada de decisão dos agentes negociadores. Entretanto, uma empresa não precisa começar do zero para definição deste conhecimento, pois, ela pode se valer de mecanismos já existentes na própria empresa para análise dos dados, assim como do conhecimento de seus especialistas sobre a negociação para definição de que variáveis influenciam na negociação e também para definição da base de regras dos agentes de suporte.

Os cenários apresentados na Seção 6.3 ilustram, então, o funcionamento do sistema, destacando como as características inseridas no modelo de negociação contribuem com o

processo de negociação entre os agentes comprador e vendedor, e como a plataforma multi-agente oferece o suporte à tomada de decisão aos agentes negociadores.

É importante destacar que, a partir deste estudo de caso, uma característica do sistema não discutida até então fica evidente. Com a introdução de produtos alternativos e correlatos, o sistema passa a atuar em outras etapas do processo de compra, como a *seleção do produto*. A partir do momento que o usuário tem idéia do produto que deseja negociar, o sistema pode ajudá-lo, através da sugestão de produtos alternativos ou correlatos, a encontrar um produto que melhor se encaixe em suas necessidades. Portanto, o sistema não está voltando exclusivamente para a etapa de negociação, como outras propostas, mas trata o processo de compra como um todo.

Uma possível extensão à plataforma, que também fica evidente, é a possibilidade de sua utilização para negociar contratos com os fornecedores. A partir do momento que os agentes de monitoramento coletam e analisam informações sobre os fornecedores, e na plataforma há uma infra-estrutura onde a empresa define o conhecimento sobre a negociação de produtos, essa infra-estrutura poderia também dar suporte à negociação com os fornecedores. Neste sentido, o resultado das negociações com os consumidores e as informações que a empresa tem sobre seu ambiente, poderiam ser utilizados para apoiar a tomada de decisões nas negociações com fornecedores, que por sua vez influenciaria futuras negociações com consumidores.

Capítulo 7

Considerações Finais

Nesta dissertação foram apresentados os resultados originados de uma pesquisa envolvida com a negociação automatizada. A partir dos estudos sobre trabalhos relacionados com este tema, foi proposta uma solução que envolve tanto o melhoramento do modelo de negociação para os agentes negociadores, como a utilização de um suporte à tomada de decisão destes agentes.

7.1 Resultados Alcançados

O modelo de negociação proposto apresenta novas características em relação aos trabalhos relacionados, as quais buscam enriquecer o processo de negociação. Desta forma, novas opções são introduzidas na negociação, visando contribuir para torná-la mais próxima daquela praticada no comércio tradicional e possibilitando o aumento da satisfação dos usuários (consumidores e empresas) com o seu resultado final.

O modelo de suporte à tomada de decisão leva em conta novas propostas de gestão de negócios, apresentando uma nova visão da negociação automatizada. Assim sendo, este modelo considera os dados presentes no ambiente da empresa em busca de prover informações relevantes para a tomada de decisão na negociação. Esta visão é um avanço significativo em relação às demais pesquisas neste tema, e os principais benefícios trazidos por esta proposta são:

- tomada de decisão mais robusta por parte dos agentes negociadores do lado da empresa;
- maior aproximação entre a tomada de decisão praticada na negociação automatizada e a negociação no mundo real;
- personalização das ofertas que a empresa emite ao consumidor;
- busca de uma maior satisfação do consumidor com a negociação.

A partir dos modelos de negociação e suporte à tomada de decisão propostos, uma plataforma multi-agente também foi apresentada. Esta plataforma provê agentes negociadores para empresa, assim como um sistema multi-agente para dar suporte à tomada de decisão destes

agentes negociadores. A partir da infra-estrutura definida com a plataforma, a empresa é então capaz de estabelecer seu conhecimento sobre a negociação de produtos, de forma que este conhecimento possa ser utilizado na negociação.

Esta tarefa de definir o conhecimento da empresa sobre a negociação de produtos pode ser descrita, então, como a sistematização de informações que são necessárias à tomada de decisão durante a negociação, bem como a definição de como estas informações influenciam no processo de negociação. Isto significa identificar um conjunto de dados no ambiente da empresa que influenciam na negociação, assim como ferramentas ou mecanismos que facilitem a análise destes dados, os quais estarão codificados nos agentes de monitoramento.

Estes dados, provavelmente, já podem ser de conhecimento da empresa, sendo então utilizados em suas negociações. Da mesma forma, as ferramentas ou mecanismo para análise dos dados também já podem ser utilizadas pela empresa, portanto, a plataforma multi-agente apresentada permite que estas ferramentas ou mecanismos sejam incorporados através dos agentes de monitoramento. A partir daí, a empresa pode também buscar outras ferramentas já existentes no mercado, ou mesmo desenvolver as suas próprias, de forma a enriquecer ainda mais sua análise de dados.

Em relação à tarefa de definir como as informações influenciam no processo de negociação, é preciso um esforço da empresa para mapear o conhecimento dos especialistas que tomam estas decisões durante o processo de negociação para o sistema, a fim de construir uma base de regras que serão utilizadas pelos agentes de suporte. A infra-estrutura de software para o cumprimento desta tarefa já está produzida, assim sendo, o esforço da empresa é o mínimo possível, porém necessário, para criar esta base de regras.

Desta forma, esta pesquisa traz direcionamentos para aperfeiçoar a negociação automatizada, seja com novas características para o modelo de negociação ou com a inserção do modelo de suporte à tomada de decisão dos agentes negociadores. Além disso, como uma contribuição prática, a plataforma multi-agente apresenta uma infra-estrutura onde a empresa pode sistematizar seu conhecimento sobre a negociação de produtos e integrar com a negociação automatizada dos mesmos.

Não apresentar uma pré-configuração do conhecimento sobre a negociação de produtos utilizado na plataforma multi-agente, a partir da qual a empresa possa especializá-la segundo suas necessidades, é uma possível limitação de ordem prática dessa proposta. Entretanto, a discussão apresentada no Capítulo 6, que relata um estudo de caso, demonstra que a empresa terá o

mínimo de esforço possível para estabelecer seu conhecimento sobre a negociação de produtos na plataforma multi-agente.

7.2 Trabalhos Futuros

Vários trabalhos futuros podem ser apontados para o enriquecimento deste trabalho e da negociação automatizada. Um primeiro trabalho, considerado fundamental, seria um esforço em conjunto com outras disciplinas, como administração e economia, para o desenvolvimento do conhecimento sobre a negociação de produtos. Este conhecimento seria, portanto, especializado em algum domínio de negócio, de forma que uma empresa não precise se preocupar com a tarefa de construção do conhecimento sobre a negociação de produtos.

A partir do momento que se possa contar com um conhecimento especializado sobre a negociação, uma avaliação empírica deste trabalho também é considerada importante, pois a partir dessa avaliação, possíveis melhoramentos podem ser identificados. Mesmo assim, a utilização de Raciocínio Baseado em Casos (RBC) pode ser, desde já, apontada como uma técnica potencialmente interessante para melhorar o desempenho do sistema. Como este sistema verifica as condições do ambiente e infere estratégias para negociação segundo essas condições, com o RBC estas situações poderiam ser armazenadas num banco de casos, e novas estratégias só seriam inferidas quando nenhum caso semelhante fosse encontrado para indicar estratégias a serem utilizadas pelo agente negociador.

A possibilidade da utilização de aprendizagem de máquina também deve ser investigada, pois observando o processo de negociação no mundo real, a aprendizagem com a negociação é algo presente. Neste sentido, partindo do comportamento dos agentes durante a negociação, a aprendizagem de máquina pode ser utilizada na busca de melhores estratégias para negociação baseada no comportamento da contraparte.

A extensão/adaptação da plataforma para outros fins, além da negociação automatizada, também é um trabalho que se mostra interessante e promissor. Um primeiro caso seria a sua utilização para fazer simulações. A empresa poderia inserir dados fictícios sobre o ambiente, e observar o impacto destes dados em suas negociações. Outrossim, novas estratégias para negociação também poderiam ser testadas através de simulações no sistema.

Como a proposta da plataforma é oferecer um suporte de decisão, especificamente para os agentes negociadores, isto poderia ser ampliado de forma a oferecer suporte de decisão para outros setores da empresa, além daqueles que tratam da negociação. De uma forma mais simples,

o sistema também poderia ser utilizado para prover alertas à empresa quando determinadas condições no ambiente fossem encontradas.

Referências Bibliográficas

- Almeida, H. O., Costa, E. d. B. e Perkusich, A. COMPOR: uma metodologia para o desenvolvimento de sistemas multi-agentes. Workshop de Teses em Engenharia de Software, Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software. Manaus, AM, Brasil. Outubro, 2003a. 95--100 p.
- Almeida, H. O., Costa, E. d. B. e Perkusich, A. COMPOR: uma metodologia para o desenvolvimento de sistemas multi-agentes. II Workshop de Dissertações da COPIN. Campina Grande, PB, Brasil, 2003b.
- Almeida, H. O., Loureiro, E., Ferreira, G. V., *et al.* Ambiente integrado para o desenvolvimento de sistemas multi-agentes. Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software - Sessão ferramentas. Manaus, AM, Brasil. Outubro, 2003. 55-60 p.
- Beam, C. e Segev, A. Automated Negotiations: A Survey of the State of the Art. Wirtschaftsinformatik, v.39, n.3, p.263--268. 1997.
- Bichler, M. e Kaukal, M. Design and Implementation of a Brokerage Service for Electronic Procurement. Tenth International Workshop on Database & Expert Systems Application. Florence, Italy: IEEE Computer Society. 1-3 September, 1999. 618--622 p.
- Binmore, K. Fun and Games: A Text on Game Theory. Lexington, MA, USA: D. C. Heath and Co. 1992
- Cardoso, H. L. Sistema Multi-Agente para Comércio Eletrônico. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Economia, Universidade do Porto, Porto, 1999.
- Cardoso, H. L. e Oliveira, E. Using and Evaluating Adaptive Agents for Electronic Commerce Negotiation. International Joint Conference, 7th Ibero-American Conference on AI, 15th Brazilian Symposium on AI. Atibaia, SP, Brazil: Springer, 2000. 96--105 p.
- Cardoso, H. L. e Oliveira, E. A Platform for Electronic Commerce with Adaptive Agents. Agent-Mediated Electronic Commerce III, Current Issues in Agent-Based Electronic Commerce Systems. Barcelona, Catalonia, Spain: Springer, 2001. 96-107 p.
- Cardoso, H. L., Shaefer, M. e Oliveira, E. A Multi-agent System for Electronic Commerce including Adaptive Strategic Behaviours. Progress in Artificial Intelligence, 9th Portuguese Conference on Artificial Intelligence. Évora, Portugal: Springer. September 21-24, 1999. 252--266 p.
- Chavez, A. e Maes, P. Kasbah: An agent marketplace for buying and selling goods. First International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology. London, UK: Practical Application Company, 1996. 75--90 p.
- Costa, E. d. B. Um Modelo de Ambiente Interativo de Aprendizagem Baseado numa Arquitetura Multi-Agentes. (Tese de doutorado). Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1997.
- Costa, E. d. B., Almeida, H. O. d., Perkusich, A., *et al.* COMPOR: A component-based framework for building Multi-Agent Systems. Software Engineering Large-scale Multi-agent Systems. Portland, Oregon, USA, 2003.

- Costa, E. d. B., Ferneda, E. e Perkusich, A. From a Tridimensional View of Domain Knowledge to Multi-agent Tutoring System. 14th Brazilian Symposium on Artificial Intelligence. Porto Alegre, Brasil, 1998.
- Davis, M. D. Teoria dos Jogos: Uma Introdução Não-Técnica. São Paulo: Editora Cultrix. 1970
- Doorenbos, R. B., Etzioni, O. e Weld, D. S. A Scalable Comparison-Shopping Agent for the World-Wide Web. First International Conference on Autonomous Agents. Marina del Rey, CA, USA: ACM Press, 1997. 39--48 p.
- Eriksson, H. JessTab: Integrating Protégé and Jess. <http://www.ida.liu.se/~her/JessTab/>. Acessado em 17/07/2003
- Faratin, P. Automated Service Negotiation Between Autonomous Computational Agents. (PhD. Thesis). Department of Electronic Engineering, University of London, London, 2000. 255 p.
- Faratin, P. Multi-agent Contract Negotiation. In: Dautenhahn, K., Bond, A. H., *et al* (Ed.). Socially Intelligent Agents - Creating Relationships with Computers and Robots: Kluwer, 2001. Multi-agent Contract Negotiation, p.243--251. (Multiagent Systems, Artificial Societies, and Simulated Organizations)
- Faratin, P., Sierra, C. e Jennings, N. R. Negotiation Decision Functions for Autonomous Agents. Int. Journal of Robotics and Autonomous Systems, v.24, n.3-4, p.159--182. 1998.
- Faratin, P., Sierra, C. e Jennings, N. R. Using Similarity Criteria to Make Negotiation Trade-Offs. Fourth International Conference on Multi-Agent Systems. Boston, MA, USA: IEEE Press, 2000. 119-126 p.
- Flores, F. Creando Organizaciones para el Futuro. Santiago, Chile: Doelmen Ediciones. 1996. 194 p.
- Friedman-Hill, E. Jess: The Java Expert System Shell. <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/>. Acessado em 01/06/2003
- Guttman, R. H. e Maes, P. Agent-Mediated Integrative Negotiation for Retail Electronic Commerce. In: Noriega, P. e Sierra, C. (Ed.). Agent Mediated Electronic Commerce, First International Workshop on Agent Mediated Electronic Trading. Minneapolis, MN, USA: Springer, v.1571, 1998a. AMET, p.70-90. (Lecture Notes in Computer Science)
- Guttman, R. H. e Maes, P. Cooperative vs. Competitive Multi-Agent Negotiations in Retail Electronic Commerce. In: Klusch, M. e Weiß, G. (Ed.). Cooperative Information Agents II, Learning, Mobility and Electronic Commerce for Information Discovery on the Internet, Second International Workshop: Springer, v.1435, 1998b. CIA'98, p.135--147. (Lecture Notes in Computer Science)
- Guttman, R. H., Moukas, A. G. e Maes, P. Agent-mediated electronic commerce: a survey. Knowledge Engineering Review, v.13, n.2, June, p.143--152. 1998.
- He, M., Jennings, N. R. e Leung, H.-F. On Agent-Mediated Electronic Commerce. IEEE Transactions on knowledge and Data Engineering, v.15, n.4, July/August, p.985--1003. 2003.
- Huhns, M. N. e Stephens, L. M. Multiagent Systems and Societies of Agents. In: Weiß, G. (Ed.). Multiagent System: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence. Cambridge, Massachusetts, USA: The MIT Press, 2000. Multiagent Systems and Societies of Agents, p.79--120

- Jennings, N. R., Faratin, P., Lomuscio, A. R., *et al.* Automated Negotiation: Prospects, Methods and Challenges. International Journal of Group Decision and Negotiation, v.10, n.2, p.199--215. 2001.
- Jennings, N. R. e Wooldridge, M. Intelligent Agents: Theory and Practice. Knowledge Engineering Review, v.10, n.2, June, p.115--152. 2000.
- Jung, J.-J. e Jo, G.-S. Brokerage between Buyer and Seller Agents Using Constraint Satisfaction Problem Models. Decision Support Systems, v.28, n.4, June, p.293--304. 2000.
- Kone, M. T., Shimazu, A. e Nakajima, T. The State of the Art in Agent Communication Languages. Knowledge and Information Systems, v.2, n.3, August, p.259--284. 2000.
- Krulwich, B. The Bargainfinder Agent: Comparison Price Shopping on the Internet. In: Williams, J. (Ed.). Bots, and Other Internet Beasts. Indianapolis, IN, USA: SAMS.NET publishing (division of Macmillan publishing), 1996. ,, p.257--263
- Labrou, Y., Finin, T. e Peng, Y. Agent Communication Languages: The Current Landscape. IEEE Intelligent Systems, v.14, n.2, p.45--52. 1999.
- Lin, R. J.-r. Automated Multi-Issue Negotiation between Computational Agents in a Dynamic Environment. (PhD Thesis). Faculty of the Graduate School, National Taiwan University, Taipei, 2003. 91 p.
- Lomuscio, A. R., Wooldridge, M. e Jennings, N. R. A Classification Scheme for Negotiation in Electronic Commerce. International Journal of Group Decision and Negotiation, v.12, n.1, p.31--56. 2003.
- Maes, P., Guttman, R. H. e Moukas, A. G. Agents that Buy and Sell: Transforming Commerce as We Know It. Communications of the ACM, v.42, n.3, January, p.81--91. 1999.
- McDonald, J. Estratégia no Pôquer, nos Negócios e na Guerra. Rio de Janeiro, RJ: Editora Campus. 1991. 121 p.
- Meira Júnior, W., Murta, C. D., Campos, S. V. A., *et al.* Sistemas de Comércio Eletrônico: Projeto e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: Campus. 2002. 371 p.
- Nunes Filho, R. R. G. e Costa, E. d. B. A Decision Making Model to Support Negotiation in Electronic Commerce. 3rd International Interdisciplinary Conference on Electronic Commerce. Gdansk, Poland. October 16-18, 2003.
- Nunes Filho, R. R. G., Costa, E. d. B. e Almeida, H. O. d. An Architecture and a Decision Making Model do Support Web-Based Negotiation. The Third IFIP Conference on e-commerce, e-business and e-government. São Paulo, Brasil. September 21-24, 2003.
- Object Management Group. CORBA FAQ and Resources. <http://www.omg.org>. Acessado em 12/12/2003
- Oliveira, E. Applications of Intelligent Agent-based Systems. Forth Brazilian Symposium of Intelligent Automation. S.Paulo, Brazil. September, 1999.
- Paula, G. d., Ramos, F. e Ramalho, G. Bilateral Negotiation Model for Agent-Mediated Electronic Commerce. In: Dignum, F. e Cortés, U. (Ed.). Third Workshop on Agent-Mediated Electronic Commerce. Barcelona, Catalonia, Spain: Springer, v.2003, 2001. AMEC, p.1--14. (Lecture Notes in Artificial Intelligence)
- Paula, G. E. d. Modelo de Negociação Bilateral para Comércio Eletrônico. (Dissertação de Mestrado). Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2001. 119 p.

- Riley, G. C Language Integrated Production System (CLIPS).
<http://www.ghg.net/clips/CLIPS.html>. Acessado em 12/12/2003
- Rubinstein, A. Perfect Equilibrium in a Bargaining Model. Econometrica, v.50, n.1, Jan, p.97--109. 1992.
- Russell, S. e Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. New Jersey: Prentice-Hall. 1995
- Sandholm, T. W. Distributed Rational Decision Making. In: Weiß, G. (Ed.). Multiagent System: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence. Cambridge, Massachusetts, USA: The MIT Press, 2000. Distributed Rational Decision Making, p.201--258
- Santos, S. C. d. Introdução ao Comércio Eletrônico. Minicursos e Tutoriais do XV Simpósio Brasileiro de Banco de Dados, XIV Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software. João Pessoa, Paraíba, Brasil. 2-6 de Outubro, 2000. 177--190 p.
- Shehory, O. e Kraus, S. Methods for Task Allocation via Agent Coalition Formation. Artificial Intelligence, v.101, n.1-2, p.165--200. 1998.
- Silva, A. P. C. e., Ferneda, E., Costa, E. d. B., *et al.* Modelo Genérico de Negociação Aplicado a Sistemas Tutores Inteligentes. II Seminário Nacional de Tecnologia para EAD. Uberlândia, MG. 19 a 21 de junho, 2002.
- Simon, H. A. Models of Bounded Rationality: MIT Press, v.2. 1982
- Simonsen, M. H. A Teoria da Escolha. In: Simonsen, M. H. (Ed.). Ensaio Analítico. Rio de Janeiro, RJ: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1994. A Teoria da Escolha, p.373-426
- Stanford Medical Informatics. Protégé-2000. <http://protege.stanford.edu/>. Acessado em 03/07/2003
- Sun Microsystems. Remote Method Invocation. <http://java.sun.com>. Acessado em 01/12/2003
- Turban, E., Lee, J. K., King, D., *et al.* Electronic Commerce: A Managerial Perspective: Prentice Hall. 1999. 512 p.
- Westland, J. C. e Clark, T. H. K. Global Electronic Commerce: Theory and Case Studies. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. 1999. 591 p.
- Wurman, P. R., Wellman, M. P. e Walsh, W. E. The Michigan Internet AuctionBot: A Configurable Auction Server for Human and Software Agents. 2nd International Conference on Autonomous Agents. Minneapolis, MN, USA: ACM Press. May 10 - 13, 1998. 301--308 p.
- Yamamoto, J. e Sycara, K. A Stable and Efficient Buyer Coalition Formation Scheme for E-Marketplaces. Fifth International Conference on Autonomous Agent. Montreal, Quebec, Canada: ACM Press, 2001. 576--583 p.
- Zeng, D. e Sycara, K. P. How Can an Agent Learn to Negotiate? In: Müller, J. P., Wooldridge, M., *et al.* (Ed.). Intelligent Agents III, Agent Theories, Architectures, and Languages, ECAI '96 Workshop. Budapest, Hungary: Springer, v.1193, 1997. ATAL, p.233--244. (Lecture Notes in Computer Science)
- Zlotkin, G. e Rosenschein, J. S. Mechanisms for Automated Negotiation in State Oriented Domains. Journal of Artificial Intelligence Research, v.5, p.163--238. 1996.

