



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE INFORMÁTICA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

ORLANDO CAMPOS DE PINHO JUNIOR

"NEGOCIAÇÕES BILATERAIS SEQUÊNCIAIS MEDIADAS POR  
AGENTES"

*ESTE TRABALHO FOI APRESENTADO À PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO DO CENTRO DE INFORMÁTICA DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIA  
DA COMPUTAÇÃO.*

*ORIENTADOR: PROF. GEBER LISBOA RAMALHO, PH. D.*

RECIFE, AGOSTO/2002

## DEDICATÓRIA

Ao meu pai, que despertou em mim a sensibilidade e a vontade de aprender. À minha mãe, que me mostrou diferentes formas de sabedoria. À minha irmã, que sempre está disposta a me ajudar. E a minha filha, que sempre me dá alegria nos momentos que estamos juntos.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Geber pelos seus ensinamentos e pela contribuição para a qualidade do trabalho. Ao Prof. Décio pelo incentivo. Aos amigos Alberto Carrera e Roberto Ângelo pelo apoio. Aos novos amigos Leonardo Freitas e Fábio Salame que dividiram comigo as experiências do mestrado. E as queridas Rossana e Ilma pelo carinho.

EPÍGRAFE

*“Primeiro pondere, então aventure-se”.*

Helmuth Johannes Ludwig, Graf von Moltke.

## Resumo

Para ambientes de mercado do tipo “*business-to-consumer*”, como *shoppings* eletrônicos (*E-malls*), seria desejável que agentes representantes dos consumidores pudessem “ir às compras” e realizar negociações com diversas lojas para optar pela melhor oferta. Para criar agentes capazes de atuar desta forma, é necessário abordar diversas questões relativas a aspectos que estão além do processo interno de uma *negociação bilateral*. Na literatura atual de agentes, não há ainda um estudo aprofundado sobre modelos para este tipo de negociação que denominamos *negociações bilaterais seqüenciais*. Os trabalhos que tratam este tema ou o fazem com uma abordagem de leilão, ou de forma superficial. Nós caracterizamos este tipo negociação, definimos um protocolo que regulamenta as interações necessárias entre os participantes e criamos um modelo de agente considerando as decisões necessárias durante uma negociação bilateral seqüencial. Por fim, realizamos uma série de experimentos para verificar o comportamento do agente quando atuando em diferentes situações. Os resultados obtidos validam o modelo proposto e ilustram algumas nuances deste novo tipo de mercado, baseado em negociação, para comércio eletrônico.

## *Abstract*

*For business-to-consumer market places like electronic shopping malls (E-malls), it would be desirable that agents representing the consumers could “go shopping” and negotiate with several stores in order to decide for the best deal. To develop agents capable to act in a scenario like this one, it is necessary to deal with several issues that go beyond the bilateral negotiation internal process. In the agent mediated e-commerce literature, there are no deep studies on this kind of negotiation, which we call sequential bilateral negotiations. The related works either provide only superficial insights on multiple bilateral negotiations or are concerned with auction models. In this work, we have (a) characterized this type of negotiation, (b) defined a protocol that rules the interaction between the parties, and (c) proposed an agent model taking into account the necessary decisions during a sequential bilateral negotiations. Finally, we have run some experiments to verify the agent behavior in different situations. The results validate the proposed model and illustrate some nuances of this kind of market for e-commerce.*

## SUMÁRIO

Capítulo 1 Introdução .....	11
Capítulo 2 Negociações Bilaterais Seqüenciais .....	14
2.1 Agentes .....	14
2.2 Negociação em E-commerce .....	16
2.3 Tipos de negociação.....	17
2.3.1 Negociação bilateral .....	19
2.3.2 Leilão .....	20
2.4 Múltiplas negociações bilaterais .....	24
2.4.1 Conceituação.....	24
2.4.2 Literatura.....	27
2.4.3 Negociação bilateral seqüencial.....	28
2.5 Conclusões .....	30
Capítulo 3 Modelos de Agentes para Negociação Bilateral.....	31
3.1 Modelo de Raiffa .....	32
3.2 Modelo de Faratin .....	33
3.2.1 Táticas dependentes do tempo. ....	36
3.2.2 Táticas dependentes de recursos .....	38
3.2.3 Táticas imitativas .....	39
3.3 Modelo RAP .....	40
Capítulo 4 Desafios em NBS Mediada por Agentes .....	42
4.1 Qual o protocolo necessário para uma negociação entre agentes em uma NBS?...42	
4.1.1 Quanto à condição para a efetivação da transação.....	44
4.1.2 Quanto à forma de estabelecimento do prazo para o compromisso.....	45
4.1.3 Quanto ao momento de estabelecimento do prazo para o compromisso .....	45
4.2 Como tratar o tempo em negociações neste cenário? .....	46
4.3 Como se aproveitar das condições de um cenário de E-mall para obter melhores resultados nas negociações?.....	47
4.3.1 Usando aprendizagem de máquina .....	47
4.3.2 Usando heurísticas .....	48
4.4 Como definir quanto se espera ganhar em cada negociação?.....	50
4.5 Como decidir entre prosseguir ou não com as negociações da NBS? .....	51
4.5.1 As chances de se conseguir um acordo melhor. ....	51
4.5.2 O custo de permanecer negociando. ....	52
4.5.3 Situações especiais.....	52

4.6 Como tratar a relação risco/Payoff?.....	53
<b>Capítulo 5 Agente EmallBargainer .....</b>	<b>54</b>
5.1 Requisitos para o agente .....	54
5.2 Decisões de projeto .....	55
5.3 Protocolo .....	56
5.4 Arquitetura .....	59
5.4.1 Estados do agente na NBS .....	62
5.5 Mecanismos do processo externo .....	63
5.5.1 Decisão de abandonar ou não um acordo .....	63
5.5.2 Decisão do resultado esperado.....	67
5.6 Mecanismos do processo interno .....	71
5.6.1 Interpretação da mensagem recebida.....	71
5.6.2 Interpretação de uma oferta .....	71
5.6.3 Interpretação de um ultimato .....	72
5.6.4 Geração da proposta de barganha.....	73
5.6.5 Geração da proposta segundo tática.....	74
5.6.6 Decisão do momento para a proposta de barganha.....	74
<b>Capítulo 6 Implementação.....</b>	<b>75</b>
6.1 Casos de uso ( <i>Use-cases</i> ).....	75
6.2 Classes .....	76
6.3 Interfaces.....	78
6.3.1 Negotiator .....	78
6.3.2 ScoreFunctionEvaluation.....	78
6.3.3 ProposalEvaluation .....	79
6.3.4 Time e Ttime.....	79
6.4 Principais Atributos .....	79
6.5 Principais Métodos .....	81
<b>Capítulo 7 Avaliação Experimental do Agente.....</b>	<b>84</b>
7.1 Objetivo .....	84
7.2 Método .....	84
7.2.1 Perfis do agente.....	85
7.2.2 Ordem dos fornecedores segundo intervalo de acordo.....	86
7.2.3 Ambientes de mercado.....	88
7.2.4 Execução.....	89
7.3 Hipóteses.....	91
7.4 Resultados e discussão.....	92
7.4.1 Arriscar ou não.....	92

7.4.2 Resultados segundo os prazos de compromissos.....	94
7.4.3 Resultados segundo perfil dos fornecedores.....	95
7.4.4 Outras observações .....	96
7.5 Conclusões .....	97
Capítulo 8 Conclusões .....	98
Apêndice.....	101
Referências.....	110

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de negociação conforme o protocolo .....	18
Figura 2. Processo de leilão duplo. ....	23
Figura 3. Processo de NBS. ....	29
Figura 4. Processo de negociação bilateral. ....	32
Figura 5. Comportamento das táticas <i>time-dependent</i> conforme o parâmetro $\beta$ ..	38
Figura 6. Negociação com efetivação imediata (a) e com efetivação não-imediata (b). ....	45
Figura 7. Uso do ultimato como forma de tentar o acordo desejado. ....	50
Figura 8. Protocolo para NBS (simplificado). ....	58
Figura 9. Protocolo para NBS. ....	59
Figura 10. Processo externo do agente EmaillBargainer. ....	60
Figura 11. Processo interno do agente EmaillBargainer. ....	62
Figura 12. Diagrama de estados do agente EmaillBargainer. ....	63
Figura 13. Limiar para confirmação do acordo. ....	65
Figura 14. Comportamento da função <i>fminNeg</i> com base em $V_{\Omega}$ .....	66
Figura 15. Comportamento da função <i>fminNeg</i> com base no parâmetro <i>abandonVenture</i> . .67	
Figura 16. Comportamento do ganho esperado em função de $V_{\Omega}$ . ....	69
Figura 17. Comportamento da função <i>fgain</i> com base no parâmetro <i>bargainVenture</i> . ....	70
Figura 18. Casos de uso. ....	76
Figura 19. Diagrama de classes. ....	78
Figura 20. Principais atributos. ....	80
Figura 21. Resultado da rodada <i>Tour6</i> do agente arrojado no cenário <i>Short&amp;Conceder</i> . ....	90
Figura 22. Resultado da rodada <i>Tour15</i> do agente arrojado no cenário <i>Long&amp;Boulware</i> . ..	91
Figura 23. Resultados por rodada. ....	92
Figura 24. Resultados por ambiente de mercado. ....	93
Figura 25. Média geral dos resultados. ....	93
Figura 26. Prazos mais favoráveis para arriscar. ....	94
Figura 27. Fornecedores mais favoráveis para perfis de risco. ....	95

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características dos tipos de negociação .....	26
Tabela 2. Rodadas por ordem do grau de interseção. ....	88

# Capítulo 1

## Introdução

Imagine que um consumidor possa mandar um agente às compras na internet e ele negocie com vários fornecedores antes de fechar o negócio. Ou seja, o agente negociaria com um fornecedor e conforme o resultado da negociação, fecharia o negócio ou optaria por negociar com outro fornecedor disponível; continuaria assim até haver negociado com todos os fornecedores ou até se satisfazer com um acordo conseguido e fechar o negócio. A este tipo de negociação denominamos *negociações bilaterais seqüenciais* (NBS). É como ir ao shopping para comprar algo e negociar com várias lojas para optar pelas condições de comercialização que melhor lhe satisfaça.

Existem, na área de comércio eletrônico mediado por agentes, iniciativas (em grande parte ainda acadêmicas) que apontam para modelos de negócio válidos e interessantes, mas diferentes deste descrito. Além dos trabalhos na área de *merchant brokering* que permitem a comparação e seleção de fornecedores baseadas no menor preço, existem os que tratam negociações do tipo *leilão* [40,34] e os que tratam *negociações bilaterais simples* [4,7,37,8,6] (ambas realizadas por agentes inteligentes). Porém, nenhum destes destacou e caracterizou NBS ou a classe de negociação da qual NBS faz parte. Os trabalhos que abordam esse tema ou o fazem com uma visão de leilão ou de forma superficial e ingênua, por exemplo, com o agente fechando o negócio com o primeiro fornecedor com quem consegue o acordo.

Comparado aos outros modelos de negociação em *E-commerce*, os atrativos de negociações bilaterais são:

- Permitir a troca de propostas na tentativa de encontrar um acordo e o equilíbrio de interesses;
- Possibilitar a comparação entre as diversas condições de comercialização de diferentes fornecedores;

- Possibilitar a utilização das informações de uma negociação nas demais negociações da rodada;
- Possibilitar concorrência nos dois lados do negócio (para os fornecedores e para os compradores).

Os modelos de mercado baseados em outros tipos de negociação (leilão e negociação bilateral simples) não possuem estas características em conjunto. Por exemplo: os leilões não permitem, entre outras coisas, a troca de propostas na tentativa de encontrar um acordo e o equilíbrio de interesses; e as negociações bilaterais simples não permitem inclusive a comparação entre diversas condições de comercialização.

Além destes atrativos da NBS, acreditamos que este tipo de negociação atenda melhor aos interesses dos compradores. Alguns mercados eletrônicos existentes na Internet, implementam tipos de negociação que tendem a favorecer o lado dos fornecedores como é o caso da maioria dos leilões [12]. Nestes tipos de negociação os consumidores tendem a pagar valores maiores que o valor de mercado. Isso nos leva a acreditar que existe uma necessidade de criação de mercados mais justos e que atendam melhor aos interesses dos consumidores [36]. Evidentemente que do lado dos fornecedores as negociações também seriam conduzidas por agentes que atendem aos seus interesses.

Os requisitos apresentados motivam a criação de um modelo de mercado eletrônico, no qual um consumidor possa, através de um agente, realizar negociações bilaterais seqüenciais. Obviamente podem ser criados alguns mercados virtuais nos quais fornecedores se cadastrem para oferecer seus produtos e participar deste tipo de negociação. Shoppings eletrônicos para compras via Internet ou *Emalls*[18], são exemplos de ambientes que poderiam criar este tipo de mercado, nos quais agentes representantes dos consumidores pudessem “ir às compras” e realizar negociações com diversas lojas, buscando realizar um bom negócio. No entanto, não se pode ingenuamente pensar que uma NBS seja simplesmente negociações bilaterais uma após a outra. É preciso tratar questões até então não consideradas como: Qual o protocolo de interação necessário para que um agente possa participar de uma NBS? Como utilizar as informações das negociações anteriores para obter melhores resultados nas seguintes?

Os objetivos deste trabalho são, portanto:

- Fazer uma análise do cenário de NBS e identificar as questões e dificuldades que precisam ser tratadas para criar um modelo de agente para atuar neste cenário;
- Desenvolver um protocolo para negociação bilateral seqüencial entre agentes;
- Desenvolver um modelo de agente de negociação capaz de participar de negociações bilaterais seqüenciais e realizar experimentos com a finalidade de validar o modelo;

No capítulo 2, apresentamos as características de NBS e dos outros tipos de negociação estudados em AMEC (*Agent Mediated Electronic Commerce*) e destacamos as diferenças entre eles. No capítulo 3, explicamos os modelos de agente de negociação que serão ponto de partida para NBS. No capítulo 4, é feita uma análise original sobre o cenário de NBS e o levantamento das questões e dificuldades que precisam ser tratadas para criar um modelo de agente para atuar neste cenário. No capítulo 5, apresentamos o EmaBargainer, nosso modelo de agente para NBS. No capítulo 6 explicamos como implementamos o agente e no capítulo 7, explicamos o experimento que realizamos para validar o modelo e observar o comportamento do agente em vários cenários. No capítulo 8 apresentamos as conclusões sobre o trabalho.

# Capítulo 2

## Negociações Bilaterais Seqüenciais

A finalidade deste capítulo é apresentar um tipo de negociação que é tema deste trabalho e que classificamos como Negociações Bilaterais Seqüenciais ou NBS. Este tipo de negociação é uma especialização de um tipo mais amplo de negociação entre agentes que ainda não foi suficientemente tratado na literatura de comércio eletrônico mediado por agentes. Para deixar mais clara a posição que NBS ocupa em *E-commerce* e qual a sua relação com os tipos de negociação existentes, apresentamos uma classificação dos jogos de negociação, tratados na literatura de comércio eletrônico, com base em seus protocolos. Em seguida, detalhamos e apresentamos exemplos destes tipos de negociação para então explicarmos NBS e fazermos uma comparação com os outros processos de negociação. No início do capítulo apresentamos os conceitos acerca de agentes e a motivação para negociação em comércio eletrônico.

### 2.1 Agentes

Sistemas multiagentes e agentes inteligentes compreendem uma nova forma de analisar, projetar e implementar sistemas complexos. O número de aplicações implementadas através do paradigma de agentes tem crescido incluindo desde aplicações nas quais os agentes atuam como assistentes pessoais a aplicações de missão crítica como sistemas de controle de tráfego aéreo como o descrito por Ljunberg e Lucas [22]. Entre os sistemas para auxiliar o usuário na suas tarefas e tomada de decisão existem, por exemplo, agentes para filtragem de e-mails e coleta de notícias de interesse do usuário [24] e sistemas para comércio eletrônico que atribuem aos agentes as tarefas de fazer a busca na Internet por produtos que atendem aos interesses do usuário (product-brokering) ou por selecionar fornecedores com o menor preço para o item desejado [25]. Além dessas aplicações há um interesse crescente, na área acadêmica, por agentes que possam representar os usuários em negociações no comércio eletrônico.

Ainda existe uma certa dificuldade para definição do conceito de agente. Para Jennings e Sycara [19]:

*“Um agente é um sistema de computador, estabelecido em um ambiente, e que é capaz de realizar ações de forma autônoma e flexível no sentido de alcançar os objetivos definidos para ele.”*

Os autores destacam três conceitos na definição: *estabelecimento*, *autonomia* e *flexibilidade*. Segundo eles, *estabelecimento*, significa que o agente recebe *input* sensorial do ambiente e que ele pode realizar ações que alteram o ambiente de alguma forma. Exemplos de ambientes são o mundo real e a Internet. Por autonomia eles entendem que o agente deve ser capaz de agir sem a intervenção direta de humanos ou outros agentes e que ele deve ter controle sobre suas próprias ações e estado interno. E por flexibilidade eles querem dizer que o sistema é *responsivo*, *pró-ativo* e *social*, no sentido que:

- *Responsivo* – O Agente deve perceber o ambiente e responder em tempo adequado às alterações que ocorrem nele.
- *Pró-ativo* – Agentes não devem simplesmente agir em resposta ao ambiente, mas devem demonstrar um comportamento oportuno voltado para o seu objetivo e tomar a iniciativa quando for apropriado.
- *Social* – Agentes devem ser capazes de interagir quando apropriado com outros agentes de software e humanos com a finalidade de realizar sua própria tarefa e de contribuir para as tarefas de outros.

Com base nestas definições Jennings e Sycara chamam de sistema baseado em agentes aquele cuja abstração chave utilizada é a de agente. A princípio um sistema baseado em agentes deve ser conceituado em termos de agentes, mas pode ser construído utilizando outras estruturas de software da mesma forma que um sistema pode ser conceituado orientado a objeto e desenvolvido utilizando uma linguagem que não considera este paradigma.

Existem sistemas nos quais um único agente é suficiente para a solução do problema, porém, os sistemas multiagentes são mais abrangentes e interessantes do ponto de vista de engenharia de software. Segundo Jennings e Sycara, estes sistemas são adequados

principalmente para representar problemas que possuem múltiplos métodos de solução, múltiplas perspectiva ou múltiplas entidades para solucionar o problema. E além de serem adequados para a solução distribuída e concorrente de problemas, teriam a vantagem adicional de possuir sofisticados padrões de interação. Um formato típico de interação é a coordenação que pode ocorrer através de cooperação e negociação. Na cooperação os agentes trabalham juntos no sentido de um objetivo comum e na negociação os agentes possuem interesses particulares e precisam chegar a um acordo que satisfaça a todas as partes envolvidas.

Neste trabalho tratamos negociação entre agentes para aplicação como assistentes pessoais para usuários de comércio eletrônico.

## **2.2 Negociação em E-commerce**

Na primeira fase do comércio eletrônico na *Web*, os consumidores navegavam nos *sites* dos fornecedores que competiam entre si a respeito de preço, *design* das páginas, prazos de entrega, serviços, garantias etc. No entanto, conforme Pattie Maes observa, a introdução do primeiro agente para auxiliar no processo de compra mudou drasticamente este modo de comercialização on-line [25]. Com o auxílio de softwares de *merchant brokering* (seleção do fornecedor) como o BargainFinder da Andersen Consulting's [15], tornou-se possível comparar preços na internet. O BargainFinder buscava o preço de um dado produto em sites de fornecedores na *Web* e apresentava para o consumidor fazer sua opção de compra. Segundo Pattie Maes, a aplicação do BargainFinder serviu para gerar alguns *insights* sobre concorrência no mercado virtual. Por exemplo, um terço dos comerciantes on-line de CDs bloquearam as requisições de preços. Por outro lado, o mesmo número de pequenos comerciantes enviou pedidos a Andersen Consulting's para serem incluídos no serviço [11]. Em resumo, empresas competindo através do preço ou desejando maior exposição queriam ser incluídas. As outras não queriam fazer parte da comparação talvez por oferecerem um diferencial além do preço, que não era levado em conta pelo agente, ou simplesmente por não quererem a concorrência.

A partir disso, outros tipos de agentes para *merchant brokering* foram criados para driblar os mecanismos implantados por alguns fornecedores que bloqueavam a pesquisa de preço nos seus *sites*. O Jango, por exemplo, resolvia o bloqueio fazendo as

requisições partirem do *browser* do usuário em vez de um *site* central como o BargainFinder.

O modelo do comércio eletrônico tende a evoluir para negociação. A negociação permite que as condições de comercialização passem a ser definidas dinamicamente através da troca de ofertas. Desta forma, o consumidor participa da definição destes valores que não precisam mais ser fixados previamente pelo fornecedor e podem ser ajustados às necessidades dos dois lados envolvidos no negócio. Um fornecedor pode então, após um consenso com o consumidor, realizar um negócio que poderia não acontecer caso as condições fossem pré-fixadas e rígidas.

Muitos mercados eletrônicos baseados em negociação surgiram rapidamente na internet para atenderem a aplicações comerciais [14,16]. Estas aplicações implementam algum modelo de *leilão*, que é normalmente unilateral (um único vendedor recebe ofertas de vários compradores ou vice-versa) e a maioria suporta apenas serviços simples (ex.: envio de ofertas, informação sobre o estado da negociação e comparação de produtos e ofertas) [1,20, ,21, 30 ].

Além das aplicações comerciais, surgiram algumas iniciativas acadêmicas na área de agentes de negociação. Sistemas como o Kasbah [4] e o AuctionBot [40] buscaram criar aplicações reais de mercados eletrônicos utilizando agentes para negociar a favor dos usuários. O Kasbah foi um mercado virtual criado pelo MIT que implementa um processo típico de leilão através de *múltiplas negociações bilaterais*. O AuctionBot é um ambiente de leilão, com finalidade acadêmica, no qual os participantes podem inscrever agentes que atendam ao protocolo especificado pelo sistema para participar de negociações.

## **2.3 Tipos de negociação**

Existem inúmeras características que diferenciam entre os jogos de negociação, portanto, existem várias formas de estruturar uma taxonomia. A criação de uma taxonomia está fora do escopo deste trabalho, mas para caracterizar melhor um processo de negociação que denominamos Múltiplas Negociações Bilaterais e esclarecer as diferenças entre o tipo de negociação em que ele se baseia e os outros já estudados em comércio eletrônico mediado por agentes, classificamos os tipos de negociação,

conforme dois critérios: o número de participantes considerados pelo protocolo e a cardinalidade.

Estes critérios classificam os jogos de negociação, conforme é ilustrado na Figura 1.

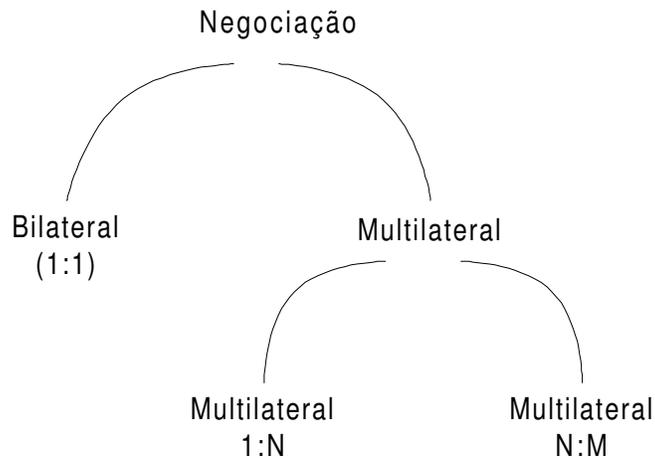


Figura 1. Tipos de negociação conforme o protocolo

O primeiro critério é responsável pela divisão das negociações em dois grupos: negociação bilateral e negociação multilateral, conforme o protocolo que dita as regras do jogo.

Nas negociações bilaterais o protocolo considera um jogo no qual apenas dois participantes estão envolvidos. Não existe nenhum aspecto do protocolo que indique explicitamente que se trata de um jogo com mais de dois participantes. Em outras palavras, as regras do jogo são para apenas dois participantes oponentes. Tipicamente, cabe aos próprios negociadores definirem uma condição para o acordo através da troca de propostas.

As negociações multilaterais são tipicamente processos de leilão. Neste tipo de negociação as regras do jogo definem explicitamente que existem mais de dois participantes envolvidos na negociação, ou seja, mais de um participante com o mesmo papel: fornecedor ou consumidor. Os participantes com o mesmo papel concorrem entre si. Tipicamente neste tipo de negociação, existe um mediador responsável por definir quem será o ganhador, cumprindo as regras especificadas pelo protocolo.

O segundo critério de classificação, a cardinalidade, se refere ao número de oponentes com quem cada negociador negocia. No caso de negociações bilaterais não existe subclasse, pois a relação é sempre 1:1 (um fornecedor e um consumidor).

No caso das negociações multilaterais existem duas subclasses: negociações 1:N e negociações N:M. As negociações multilaterais 1:N são tipicamente leilões nos quais um único fornecedor recebe ofertas de vários compradores que concorrem para fechar o negócio. As negociações multilaterais N:M são menos comuns e a única referência que encontramos na literatura de comércio eletrônico mediado por agentes foi o Auctionbot que define um ambiente para a realização de negociações de vários tipos, mas não define os agentes que participam das negociações. Este tipo de negociação é uma espécie de leilão no qual vários fornecedores e vários compradores participam fazendo suas ofertas que são casadas segundo determinadas regras pré-definidas.

Na próxima seção fazemos uma introdução à negociação bilateral e na seção seguinte apresentamos os tipos de leilão mais conhecidos.

### **2.3.1 Negociação bilateral**

A negociação bilateral é um processo de negociação entre dois participantes. Raiffa[29], define negociação bilateral como:

*“Um par de agentes negociadores que expõe desejos contraditórios e então se movem para um acordo através de um processo de concessões ou de busca de novas alternativas”.*

Com base no modelo de Raiffa, apresentamos como exemplo um cenário, no qual uma companhia aérea (vendedor) e um passageiro (comprador) negociam uma passagem aérea. O comprador deseja pagar \$70 pela passagem e está disposto a pagar no máximo \$130. O vendedor por sua vez deseja vender a passagem por \$200, mas está disposto a baixar o preço até \$90. O comprador e o vendedor trocam ofertas na tentativa de alcançar um acordo, cada um “escondendo” o quanto está disposto a ceder. Desta forma, cada um inicia as ofertas com o valor que desejam negociar a passagem e então vão se aproximando do valor que avaliam como a pior condição para fechar o negócio. Ou seja, o comprador inicia a negociação oferecendo o valor mínimo para a passagem (\$70) e enquanto um acordo não é alcançado vai oferecendo valores maiores até no máximo

\$130. Já o vendedor inicia a negociação oferecendo o valor máximo para a passagem (\$200) e prossegue oferecendo valores cada vez mais baixos até o mínimo de \$90.

O valor de pior utilidade que o negociador aceitaria em uma negociação é chamado de valor de reserva. Do lado do vendedor o valor de reserva é portanto o menor valor pelo qual está disposto a vender e do lado do comprador, o maior valor. Quanto ao valor de maior utilidade para o negociador, chamamos de valor inicial. Os valores de reserva são, portanto, \$70 para o comprador e \$200 para o vendedor e os valores iniciais são respectivamente, \$130 e \$90.

Os negociadores não revelam para os seus oponentes nem o valor de reserva nem a função de avaliação das propostas. Desta forma, os negociadores não sabem quanto é necessário ceder para se conseguir um acordo e nem mesmo se é possível alcançá-lo.

Para serem capazes de atuar no processo buscando maximizar sua função de utilidade, os agentes precisam de um mecanismo de avaliação e geração da proposta e um mecanismo de decisão sobre as ações que realizam, atendendo a um protocolo de interação. O protocolo define as possíveis ações dos agentes e as mensagens que devem ser trocadas (quem pode dizer o que e quando).

O trabalho na literatura de agentes que trata com mais detalhes este tipo de negociação é o trabalho de Faratin [7]. Este trabalho apresenta um modelo que especifica formalmente o processo de troca de propostas em uma negociação bilateral e um mecanismo de tomada de decisão para o agente. No capítulo 5, apresentamos o modelo desenvolvido por Faratin com mais detalhes.

Na próxima seção, apresentamos os tipos mais conhecidos de leilões, para ilustrar negociações multilaterais.

### **2.3.2 Leilão**

Na definição clássica de McAfee e MacMillian [27]:

*Um leilão é uma instituição de mercado com um conjunto explícito de regras que determinam alocação de recursos e preços na base de lances de participantes do mercado.*

Existem vários tipos de leilões [1,9,17], mas os principais e mais usados são 1:N nos quais um único vendedor (ou comprador) recebe lances de vários compradores (ou vendedores) [23]. Tipicamente os leilões tratam de um único item sob negociação, normalmente o preço [30]. O tipo de leilão mais comum é o Leilão Inglês, no qual os compradores tentam superar os lances dos outros em um prazo estabelecido. Alguns tipos de leilões podem sofrer variações como a inversão dos papéis de compradores e vendedores. Na maioria dos ambientes de leilão existentes na internet a negociação é realizada por pessoas e não por agentes. O exemplo de um ambiente para leilões entre agentes é o AuctionBot [40], uma iniciativa de criar um ambiente no qual os participantes inscrevam seus agentes para participar de negociações com finalidade acadêmica.

Os tipos clássicos de leilão são detalhados nas subseções a seguir.

### **2.3.2.1 Leilão Inglês**

Em um leilão inglês, os compradores dão lances (fazem propostas) por um bem ou serviço, colocado à venda por um vendedor. O vendedor inicia o leilão anunciando o valor mínimo para a venda. Os compradores fazem lances que devem sempre superar o último valor proposto. Os compradores sabem os valores propostos pelos outros e têm um tempo limite para superá-lo. Em leilões no mundo real, as contrapropostas devem ser feitas em segundos, enquanto que nos leilões on-line podem ser em minutos, horas ou até dias, a depender do item leiloado. A estratégia dos compradores se baseia no seu valor de reserva, nos lances anteriores feitos pelos seus concorrentes e em uma estimativa de quais deverão ser os seus próximos lances.

### **2.3.2.2 Leilão Primeiro Preço Selado**

Neste tipo de leilão os compradores submetem os lances dentro de um prazo estabelecido. Os lances são secretos e não são do conhecimento dos outros compradores. No final do prazo, os lances são verificados, e o responsável pelo lance de maior valor (atendendo ao limite mínimo do vendedor) é o vencedor. Caso ocorra um empate, o processo pode ser reiniciado ou pode ser usado outro método para o desempate. Este tipo de leilão não é comum na internet, mas é muito comum no mundo real.

### **2.3.2.3 Leilão Vickrey ou segundo preço selado**

É semelhante ao leilão primeiro preço selado, no qual o vencedor é o responsável pelo lance de maior valor. Porém, a diferença está no valor que o comprador que vencer paga ao vendedor. O comprador não paga o valor do lance que ele submeteu, mas o valor do segundo maior lance submetido. Este modelo causa a impressão de que o comprador vai levar vantagem com relação ao vendedor e tende a gerar propostas altas, uma vez que o participante sabe que não vai pagar a sua oferta, caso ganhe. Neste tipo de leilão a melhor estratégia para o comprador é dar como proposta o seu valor de reserva [32].

### **2.3.2.4 Leilão Holandês**

No leilão Holandês o leiloeiro inicia o leilão pedindo um valor inicial alto e então diminui o valor gradualmente. O primeiro comprador a aceitar é o vencedor. Caso exista mais de um comprador a aceitar o valor, então o lance é acrescido de um fator até que só reste um comprador interessado a pagar. Este tipo de leilão está implementado em um ambiente de ensino chamado Fishmarket [28], utilizado na universidade de Barcelona e em algumas outras universidades européias para ensinar conceitos de agentes inteligentes e negociação a alunos de ciências computação.

### **2.3.2.5 Leilão Reverso**

O leilão reverso é parecido com o leilão Holandês, porém com os papéis de vendedores e compradores invertidos. Neste tipo de negociação o comprador faz ofertas para vários vendedores do produto. A transação ocorre com o primeiro fornecedor que aceitar o valor proposto pelo comprador. Se houver empate (mais de uma loja aceitar), o valor é diminuído até que reste apenas um fornecedor interessado.

### **2.3.2.6 Leilão duplo**

O leilão duplo usa um protocolo que permite uma relação multilateral N-N . O protocolo administra a variedade de ofertas e busca a melhor forma de combinar os compradores e vendedores [13,34]. O leilão duplo permite que vários vendedores e compradores façam lances para negociar uma mercadoria. Os lances dos compradores e vendedores são combinados conforme algumas políticas de fechamento que determinam quais os pares

que irão realizar a transação (o negócio) e com que preço. Um exemplo de política de fechamento é a “Mth-price” implementada pelo sistema AuctionBot da universidade de Michigan [40]. Nesta política, para determinar o preço que será usado nas transações, os lances são ordenados pelo preço e o leilão conta M lances, do maior para o menor, onde M representa o número de ofertas de venda no leilão, como ilustrado no exemplo a seguir:

Lances Vendedores		Lances Compradores	
Vendedor	Lance	Comprador	Lance
V1	23	C1	18
V2	24	C2	25
V3	30	C3	26

Ordenação		
Ordem	Lance	Participante
1	30	V3
2	26	C3
3	25	C2
4	24	V2
5	23	V1
6	18	C1

Figura 2. Processo de leilão duplo.

Fazem negócio os vendedores cujos lances são menores ou igual ao preço de fechamento encontrado e os compradores cujos lances são maiores ao preço de fechamento. Os compradores e vendedores são combinados conforme a ordenação feita. No exemplo, como há 3 ofertas de venda, o preço de fechamento para a política “Mth-price” é 25. Então, as transações ocorrem entre V2 com C3 e entre V1 com C2.

Além dos preços, os lances são compostos de quantidades que são comercializadas parcialmente na medida em que podem ser atendidas e o restante fica para as próximas rodadas. Esta política é analisada em detalhes por Wurman[41].

## **2.4 Múltiplas negociações bilaterais**

Além dos tipos de negociação apresentados, a Internet possibilita que o negociador gerencie varias negociações para tentar o melhor resultado entre elas. Nesta seção explicamos este tipo de processo de negociação, dentro do qual este trabalho se desenvolve.

### **2.4.1 Conceituação**

No comércio eletrônico, assim como no mundo real, é comum o cenário de mercado no qual vários comerciantes oferecem o mesmo produto ou serviço. Neste cenário é interessante que um consumidor possa negociar com diversos fornecedores para tentar fechar o negócio com o que oferece melhores condições para a transação comercial. Um dos modelos possíveis para realizar isto neste contexto é o que chamamos de múltiplas negociações bilaterais.

Para servir de exemplo imagine um cenário de um shopping eletrônico para compras via Internet (*E-malls*) no qual um agente possa “ir às compras” e realizar inúmeras negociações com diversas lojas buscando realizar a transação desejada. As negociações realizadas por um consumidor neste cenário podem acontecer em múltiplas negociações bilaterais. Ou seja, o consumidor negocia com um fornecedor e conforme o resultado da negociação, fecha o negócio ou opta por tentar o acordo com um outro com quem está negociando; continuando assim até haver concluído a negociação com todos os fornecedores ou até fechar o negócio com um deles.

É importante destacar as características de múltiplas negociações bilaterais quando comparadas às negociações multilaterais [1]. Uma diferença é que nas negociações multilaterais existe um protocolo que define as regras do jogo considerando a participação de mais de dois participantes, ou seja, trata-se de um único jogo. No caso de múltiplas negociações bilaterais, na verdade não existe um protocolo de negociação para regulamentar um jogo com mais de dois participantes. As negociações que ocorrem são regidas por protocolos bilaterais e, a princípio, independentes. Cabe ao agente que

participa das negociações, gerenciar os diversos processos para alcançar seu objetivo. Os oponentes não precisam nem mesmo saber que existem outras negociações acontecendo.

Além dessa diferença quanto ao protocolo, existe uma diferença relativa ao tipo de mercado ao qual elas são mais adequadas. As negociações multilaterais são tipicamente processos de leilão. Smith [38] afirma que:

*“Leilões na vida real – em contraste com modelos teóricos – não são exclusivamente ou mesmo originalmente, processos de troca. São mais propriamente processos para administrar a ambigüidade e incerteza dos valores, estabelecendo significado e consenso sociais”.*

Kersten [20] também argumenta sobre algumas diferenças conceituais entre processos de leilão e de negociações bilaterais. Seu principal argumento é quanto à utilidade fundamental do leilão que seria o de determinação de valor para objetos de valor desconhecido (normalmente para estabelecer preços para recursos escassos como obras de arte e estoques). Ou seja, leilão é mais adequado a alguns tipos específicos de mercados onde é difícil determinar o valor do bem sendo comercializado. Enquanto isto, a negociação bilateral trata-se de cooperação entre as partes através da troca de propostas para criar um valor que satisfaça a ambos. Outro argumento usado por ele é quanto à presença de mais de um item sob negociação (*multi-issue*), algo que não é típico do leilão e que possibilita certos mecanismos que são usados nas negociações bilaterais (*trade-offs*, progresso simultâneo, avaliação das ofertas baseada em utilidade etc.).

Considerando as características de cada tipo de negociação apresentado neste capítulo, podemos identificar alguns aspectos importantes de múltiplas negociações bilaterais que não aparecem juntos nem nos leilões e nem na negociação bilateral simples:

- (1) Troca de propostas na tentativa de encontrar um acordo e o equilíbrio de interesses;

- (2) Comparação entre as diversas condições de comercialização de diferentes fornecedores;
- (3) Utilização das informações de uma negociação nas demais negociações da rodada;
- (4) Possibilita concorrência nos dois lados do negócio (para os fornecedores e para os compradores).

A Tabela 1 indica quais destas características estão presentes em cada tipo de negociação citado.

<b>Tipo de Negociação</b>	<b>Troca de Propostas</b>	<b>Compara- ção</b>	<b>Levar Informação</b>	<b>Concor- rência N:M</b>
Múltiplas Bilaterais	S	S	S	S
Bilateral Simples	S	N	N	N
Leilão Inglês	N	N	N	N
Leilão 1 <sup>o</sup> preço selado	N	N	N	N
Leilão 2 <sup>o</sup> preço selado	N	N	N	N
Leilão Holandês	N	N	N	N
Leilão Reverso	N	S	N	N
Leilão Duplo	N	N	N	S

Tabela 1. Características dos tipos de negociação

## 2.4.2 Literatura

Atualmente, não existe na Internet nenhum mercado de comércio eletrônico que possua agentes capazes de realizar múltiplas negociações bilaterais. Na literatura acadêmica, o desenvolvimento de agentes capazes de participar de múltiplas negociações bilaterais, também ainda não foi tratado de forma aprofundada. Os únicos trabalhos que tratam este tipo de negociação, ainda que superficialmente, são o que apresenta o Kasbah [4] e os trabalhos de Faratin e Sierra [7,37]. O Kasbah, um ambiente para comercialização, utiliza múltiplas negociações bilaterais para criar um mercado típico de leilão duplo para transações do tipo “consumidor para consumidor”, onde as pessoas podem fazer operações de compra e venda. Apesar de atender a um mercado típico de leilão (negociação de bens escassos de consumidor para consumidor), o Kasbah é implementado através de negociações bilaterais. O mercado é formado por agentes vendedores e compradores que interagem através da troca de propostas. O agente não fica sabendo em nenhum momento quanto está sendo oferecido pelos seus concorrentes (pelos outros vendedores do mesmo produto). O processo é dividido em ciclos. Cada agente tem sua vez por ciclo para fazer uma rodada de troca de propostas. Uma rodada é a troca de propostas entre o agente vendedor e todos os compradores em potencial. Uma troca de proposta é uma oferta do vendedor e uma contra-oferta do comprador (caso não seja aceita). O negociador fecha o negócio com o oponente que consegue o acordo.

O trabalho de Faratin [7], bastante aprofundado em negociação bilateral, também abordou múltiplas negociações bilaterais de forma superficial. Faratin define seu modelo como um modelo para negociações multilaterais baseadas em negociações bilaterais com influência mútua, ou seja, o que consideramos múltiplas negociações bilaterais. Porém, a única consideração que é feita em seu trabalho sobre como realizar negociações com vários oponentes é quando define uma função de geração de propostas que utiliza o número de vendedores (ou compradores) restantes como uma variável que influencia no valor que é gerado para a proposta. Se o número de oponentes restantes na negociação for alto, então o agente tende a se comportar de forma não conciliadora, cedendo lentamente. Por outro lado, se o número de oponentes for baixo, então o agente torna-se mais conciliador, cedendo mais rapidamente na negociação.

Não se pode ingenuamente pensar que realizar múltiplas negociações bilaterais seja simplesmente negociar com vários oponentes e fechar o negócio com o primeiro que conseguir o acordo como é feito no Kasbah. Para buscar bons resultados em um processo de múltiplas negociações bilaterais é preciso tratar questões até então não consideradas, a saber: Qual o protocolo de interação adequado para que um agente possa participar destas negociações? Como utilizar as informações de uma negociação bilateral para buscar melhores resultados nas demais?

### **2.4.3 Negociação bilateral seqüencial**

Pelo menos conceitualmente, as negociações de uma rodada de múltiplas negociações bilaterais poderiam ser realizadas simultaneamente com vários fornecedores. Também podemos imaginar que as negociações com cada fornecedor ocorreriam seqüencialmente (o agente só inicia a próxima negociação após concluir a anterior). A este último tipo de múltiplas negociações bilaterais denominamos Negociações Bilaterais Seqüenciais (NBS).

Para detalhar mais um processo de NBS, suponhamos que um comprador pretenda comprar uma passagem aérea e possa negociar com as companhias que oferecem o trecho desejado. Apesar de possuírem interesses inicialmente contraditórios, os dois lados podem ceder ao longo de um processo de troca de propostas com o intuito de alcançar um acordo que agradaria a ambos e que, por conseguinte, permitiria a realização do negócio. As condições que estão sendo negociadas são o preço e a quantidade de escalas do vôo, supondo que as condições que podem ser negociadas são as mesmas para todos os vendedores. Ou seja, as companhias possuem várias opções de vôos para a data e o trecho desejado pelo cliente, com a diferença que cada vôo possui quantidades diferentes de escalas. As companhias preferem vender passagens para os vôos com mais escalas, supondo neste exemplo, que os vôos com mais escalas sempre enchem e os outros nunca estão completos.

Imagine agora que o trecho desejado pelo comprador seja oferecido por mais de uma companhia aérea (para o dia desejado). Neste caso, é importante para o comprador poder definir, junto com os vendedores, as condições que cada um deles aceitaria para a transação. Em cada negociação, um acordo sobre estas condições pode ser conseguido através do estabelecimento de valores diferentes. O exemplo a seguir ilustra os acordos

de cada negociação e a ordem que ocorreram. O comprador realiza três negociações bilaterais. Ao conseguir cada acordo, ele precisa decidir entre fechar o negócio ou tentar algum acordo melhor nas outras negociações. Ele negocia com a companhia Alfa e ao alcançar o acordo opta por continuar negociando, então consegue um acordo com a companhia Beta e Delta sucessivamente. Neste momento o comprador tem três acordos e fecha o negócio com Beta com base na comparação entre eles.

Negociação	Companhia	Preço	Escalas
1 <sup>a</sup>	Alfa	\$70	3
2 <sup>a</sup>	Beta	\$120	0
3 <sup>a</sup>	Delta	\$150	1

Figura 3. Processo de NBS.

Um dos aspectos importantes na criação de um agente para realizar múltiplas negociações bilaterais é a utilização das informações de uma negociação nas demais. Os modelos cognitivos de um agente que realize as negociações simultaneamente ou seqüencialmente são parecidos. A principal diferença é que ao negociar seqüencialmente, pode-se utilizar a informação dos resultados das negociações anteriores desde o princípio de cada negociação subsequente. Por outro lado, nas negociações simultâneas, os resultados parciais podem ser considerados, ou seja, os resultados parciais de uma negociação podem influenciar no comportamento do agente nas demais.

Decidimos tratar, inicialmente, negociações bilaterais seqüenciais por considerá-las mais simples conceitualmente quando comparadas com as simultâneas. Além das questões que precisam ser resolvidas para negociações seqüenciais, as simultâneas envolvem outras dificuldades que são:

1. O que fazer quando existir um acordo iminente em uma negociação e as outras estiverem em estados diferentes;

2. Como comparar estados diferentes das negociações;
3. Como usar a informação do andamento de uma negociação para decidir sobre que ações tomar nas outras.

Quanto à primeira questão é preciso avaliar as ações possíveis de acordo com o protocolo. Por exemplo, se ao aceitar uma proposta o agente estará efetivando um contrato, então antes de aceitar a proposta é necessário decidir entre as várias negociações mesmo que em estados diferentes. Quanto à segunda questão a dificuldade é como avaliar uma negociação não concluída, considerando a incerteza de como irá evoluir e como compará-la com outra que se encontrar em outro estado. Neste caso, as tomadas de decisão envolveriam a previsão da evolução dos participantes na direção de um acordo. E a terceira questão diz respeito à adaptação *on-line* da estratégia do agente com base no andamento das outras negociações e quais tipos de ações poderiam ser tomadas, por exemplo: alterar a tática de oferta de propostas, dar um ultimato ou estender o tempo limite para tentar um acordo. Estes conceitos serão explicados nos capítulos seguintes. Além destas dificuldades conceituais ainda existem dificuldades técnicas a serem resolvidas, por exemplo, como conseguir sincronizar as trocas de propostas das negociações dado que são processos independentes sem um controlador central.

## **2.5 Conclusões**

Acreditamos que múltiplas negociações bilaterais sejam uma forma de comercialização adequada para ambientes de mercado do tipo *business-to-consumer* como, por exemplo, shoppings eletrônicos na Internet (*E-malls*). Porém, as iniciativas na área de comércio eletrônico mediado por agentes apontam para modelos de negociação válidos e interessantes, mas diferentes deste. Além disso, alguns aspectos importantes deste tipo de negociação não aparecem juntos nem nos leilões e nem na negociação bilateral simples. Estes aspectos são: troca de propostas na tentativa de encontrar o equilíbrio de interesses; comparação entre as diversas condições de comercialização de diferentes fornecedores; utilização das informações de uma negociação nas demais negociações da rodada; possibilidade de concorrência nos dois lados do negócio.

# Capítulo 3

## Modelos de Agentes para Negociação Bilateral

Neste capítulo, apresentamos os modelos de agente para negociação bilateral que consideramos os mais adequados para servirem de ponto de partida para a criação do Emallbargainer. O objetivo é apresentar os conceitos necessários para a compreensão de agentes para negociação bilateral, justificar a nossa escolha e, mais adiante, poder fazer uma análise do que precisa ser desenvolvido para criar um agente para NBS.

Os modelos que são apresentados são: o modelo de Faratin [7,8], que consideramos o estado da arte em negociação bilateral entre agentes, e o modelo RAP [5,6], que estende o modelo de Faratin acrescentando o conceito de *ultimato*. Antes de apresentar estes trabalhos da área de agentes, explicamos o modelo de negociação bilateral de Raiffa[29], que serviu de base para eles.

Escolhemos o modelo de Faratin como ponto de partida por considerá-lo o mais completo e, junto com a extensão do modelo RAP para *ultimato*, o mais adequado para servir de base para desenvolvimento do EmallBargainer. Além disso, Faratin define o modelo formalmente em suas publicações, o que possibilita a compreensão do seu trabalho e a implementação de agentes a partir dele.

Outro trabalho que abordou o tema de negociação bilateral entre agentes é o Kasbah, explicado na seção 2.4.2. Não o detalhamos porque as publicações encontradas a se respeito, não formalizam o agente e apenas descrevem o funcionamento do ambiente de mercado que foi implementado. Além disso, o modelo de Faratin engloba o que foi definido para o Kasbah.

Iniciamos então com o modelo de Raiffa. O modelo considera negociações do tipo *duas partes e n-issues*, trata-se, portanto, de um modelo para negociação bilateral sobre um

conjunto de *itens sob negociação*. *Itens sob negociação* são os tópicos de discussão em uma negociação. Negociações com um único item sob negociação, por exemplo, o preço de uma passagem, são classificadas como *single-issue*. Enquanto negociações que envolvem mais de um item, por exemplo, o preço da passagem e o número de parcelas para pagamento, são classificadas como negociações *multi-issue*.

### 3.1 Modelo de Raiffa

Conforme o modelo de Raiffa, sendo  $i$  ( $i \in \{a,b\}$ ) os agentes da negociação,  $j \in \{1, \dots, n\}$  os itens sob negociação e  $x_j \in (\min_j, \max_j)$  o valor para o item de negociação  $j$ . Cada agente possui sua *função de avaliação*  $V_j^i : [\min_j, \max_j] \rightarrow [0,1]$  que retorna o valor que o agente  $i$  atribui ao item  $j$  no intervalo especificado de valores aceitáveis.

Neste trabalho, o intervalo de valores que cada negociador está disposto a aceitar é denominado, *intervalo de negociação* e o intervalo de valores que representa a interseção entre os intervalos de negociação dos dois participantes é chamado de *intervalo de acordo*. O valor de menor avaliação para cada negociador é chamado de valor de reserva. A Figura 4 ilustra estes conceitos.

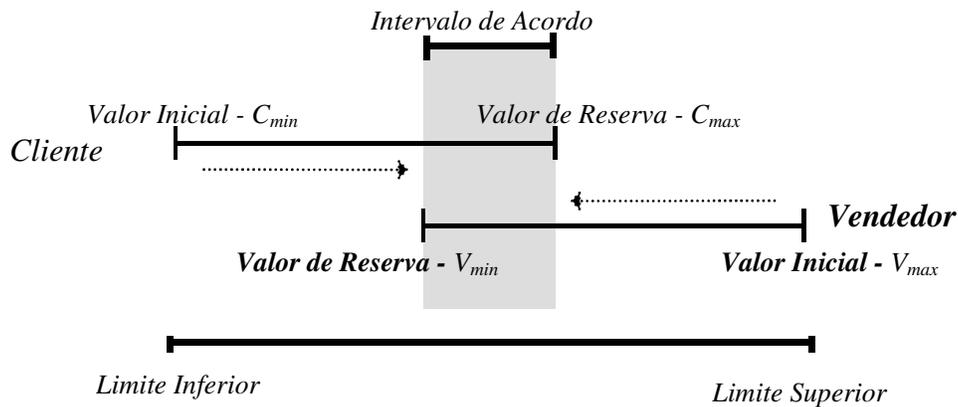


Figura 4. Processo de negociação bilateral. (Figura adaptada de [6]).

Outro elemento do modelo é a importância relativa que um agente atribui a cada item sob negociação. A importância que o agente  $i$  atribui a um item  $j$  é representada como

$W_j^i$ . Assume-se que os pesos são normalizados. Então,  $\sum_{1 \leq j \leq n} W_j^i = 1$  para todo  $i$  em  $\{a, b\}$ . Vistos estes conceitos, é possível definir uma função de avaliação do agente para uma oferta. Sendo uma oferta representada por  $x=(x_1, x_2... x_n)$  no espaço multidimensional definido pelos intervalos de valores dos itens sob negociação, a função pode ser definida como:

$$V^i(x) = \sum_{1 \leq j \leq n} W_j^i V_j^i(x_j) \quad [1]$$

### 3.2 Modelo de Faratin

A principal contribuição do modelo de Faratin [7,8] é a apresentação formal de funções de decisão para um agente inteligente realizar negociações bilaterais. Segundo Faratin soluções ótimas não podem ser encontradas neste domínio. Assim, é necessário criar um modelo para um agente individual que tenta conseguir acordos com seus oponentes, mas que procura maximizar sua própria função de avaliação.

O modelo definido por Faratin se refere a negociações que ele define como orientadas a serviços, ou, negociações nas quais um cliente requisita um serviço a ser prestado por um servidor. A negociação envolve a determinação de um contrato sob certos termos e condições. Portanto, os agentes podem assumir dois papéis a priori em conflito, a saber: *Agentes=Clientes U Servidores*.

Em geral, os clientes e servidores possuem interesses opostos, por exemplo: um cliente deseja um preço baixo e o servidor um preço alto; alta qualidade é desejada pelo cliente e não pelo servidor; e assim por diante. Sendo assim, no espaço de valores de negociação, os negociadores representam forças opostas em qualquer uma das dimensões. Isto significa que, sendo X e Y dois valores para um item sob negociação. Se o valor X é menor que o valor Y e a avaliação de X para o cliente é maior que a avaliação de Y, então a avaliação de X para o vendedor é menor que a avaliação de Y.

Uma vez que os agentes tenham definido o conjunto de variáveis sobre as quais eles vão negociar (itens sob negociação), o processo de negociação entre dois agentes consiste de

uma sucessão alternada de ofertas e contra-ofertas de valores para estas variáveis. Isto continua até que uma oferta seja aceita pelo oponente ou que um dos lados desista da negociação. Os agentes possuem um tempo limite para concluir a negociação ( $T_{max}$ ) e se um acordo não for alcançado dentro deste prazo, o negociador envia uma mensagem de que desistiu da negociação e a negociação é encerrada.

Para representar uma seqüência de troca de propostas entre dois agentes  $a$  e  $b$ , é definido formalmente uma *thread* de negociação, na qual:

- Uma proposta é um conjunto de valores para os itens sob negociação ou um dos valores {accept, reject}.
- As propostas são alternadas entre os agentes e ordenadas no tempo.
- A *thread* só contém propostas entre os agentes  $a$  e  $b$ .
- A *thread* de negociação está ativa se não possui uma proposta dos tipos {accept, reject}.

Por conveniência, é assumido um tempo global comum, representado por uma seqüência ordenada de instantes,  $t$ , e um meio de comunicação que não gera atrasos na transmissão das mensagens. Ou seja, o tempo de envio e recebimento de uma mensagem é o mesmo. Por simplificação, é definido um tempo local, que inicia com a oferta da primeira proposta ( $t_1=0$ ), para cada *thread* de negociação. Na implementação do agente, para a validação do modelo, os instantes de tempo são determinados por cada troca de *proposta*.

A arquitetura do agente é formada por: mecanismos de *geração de ofertas*, um mecanismo para *interpretação de ofertas* e um modelo de *avaliação de ofertas* para negociação *multi-issue*.

O modelo de *avaliação de ofertas* é igual ao modelo de avaliação definido em 3.1. Por simplificação é assumido que a função  $V_j^a$  (avaliação que o agente  $a$  faz do item  $j$ ) é monotônica e crescente ou decrescente.

O mecanismo de interpretação de ofertas tem a finalidade de gerar uma contra-proposta em função da oferta recebida do oponente. Se o tempo máximo para concluir a negociação ( $T_{max}$ ) for alcançado, o agente rejeita a oferta recebida, senão, ele atribui

um valor à oferta recebida dentro de uma escala de [0,1], usando sua função de avaliação. Se a avaliação da oferta recebida for superior à avaliação da próxima que ele iria oferecer, então ele aceita. Caso contrário, ele faz sua próxima oferta. A interpretação da oferta é definida pela relação:

$$I^a(t', x_{b \rightarrow a}^t) = \left\{ \begin{array}{l} \text{reject if } t' > t_{\max} \\ \text{accept if } V^a(x_{b \rightarrow a}^t) \geq (x_{a \rightarrow b}^{t'}) \\ x_{a \rightarrow b}^{t'} \text{ otherwise} \end{array} \right\} \quad [2]$$

Onde  $V^a(x_{b \rightarrow a}^t)$  representa a avaliação que o agente  $a$  faz da oferta recebida do agente  $b$ ;  $(x_{a \rightarrow b}^{t'})$  é a próxima proposta a ser enviada.

Esta função de decisão ajuda a modelar o fato de que uma oferta rejeitada em um certo instante pode ser aceita em um instante posterior.

A *geração de ofertas* é feita através da combinação linear de funções de geração dos valores que são chamadas de *táticas*. As táticas geram valores para um único item sob negociação. São definidos três tipos de táticas, conforme o critério que se baseiam. Estas táticas são: *dependentes do tempo*, *baseadas em comportamento ou imitativas*, e *dependentes de recursos*. A atribuição de pesos para cada tática dentro da combinação linear permite modelar a importância de cada critério.

Se um agente tem um prazo no qual ele pretende alcançar um acordo, as táticas *dependentes do tempo* modelam o fato que o agente tende a ceder mais rapidamente à medida que o limite do prazo se aproxima. As táticas desta família são diferenciadas pelo formato da curva de concessão de uma função do tempo.

As táticas *dependentes de recursos* modelam a pressão em alcançar um acordo, que certos recursos limitados e o ambiente podem impor ao comportamento do agente. Por exemplo, memória restante do que está sendo alocada e tornando-se escassa ou o número de vendedores oferecendo um produto. As funções deste conjunto são similares às dependentes de tempo, exceto que o domínio da função é a quantidade de recursos disponíveis em vez do tempo restante.

Nas táticas *imitativas*, a contra-proposta do agente depende do comportamento do oponente. As táticas deste grupo se diferenciam pela forma que imitam o comportamento do oponente.

Nas seções seguintes apresentamos como estas táticas são modeladas.

### 3.2.1 Táticas dependentes do tempo.

Nestas táticas, o fator predominante usado para decidir qual o valor a oferecer na próxima oferta é o tempo. Estas táticas consistem em variar este valor, dependendo do tempo restante para a negociação, modelado a partir do tempo máximo para concluir a negociação, definido como a constante  $Tmax$ . Para determinar o valor da proposta inicial dentro do intervalo de valores possíveis, é definida uma constante  $K$  que multiplicada pelo tamanho do intervalo determina o valor do item  $j$  a ser oferecido na primeira proposta do agente.

O valor a ser oferecido para o item  $j$ , pelo agente  $a$  para o agente  $b$ , no tempo  $t$ , é definido por uma função  $\alpha_j^a$  dependente do tempo como mostra a expressão a seguir:

$$x_{a \rightarrow b}^t[j] = \begin{cases} \min_j^a + \alpha_j^a(t) \left( \max_j^a - \min_j^a \right) & \text{se } V_j^a \text{ decrescente} \\ \min_j^a + \left( 1 - \alpha_j^a(t) \right) \left( \max_j^a - \min_j^a \right) & \text{se } V_j^a \text{ crescente} \end{cases} \quad [3]$$

Uma grande variedade de táticas dependentes do tempo podem ser definidas simplesmente variando a forma que  $\alpha_j^a$  é computado. As funções devem garantir que  $0 \leq \alpha_j^a \leq 1$ ,  $\alpha_j^a(0) = K_j^a$  e  $\alpha_j^a(t_{\max}^a) = 1$ . Isto significa que: a oferta sempre está no intervalo dos valores de negociação; o valor inicial oferecido é determinado pela constante  $K$ ; e ao ser alcançado o  $Tmax$ , a tática oferece o valor de reserva (valor de menor avaliação para o agente  $a$ ).

Dois tipos de funções são definidas para  $\alpha_j^a$ : uma função polinomial e uma função exponencial que modelam de forma diferente a forma que o agente cede com o passar do tempo. A função polinomial é definida como:

$$\hat{\alpha}_j^a(t) = K_j^a + \left(1 - K_j^a\right) \left(\frac{\min(t, t_{max})}{t_{max}}\right)^{\frac{1}{\hat{\alpha}}} \quad [4]$$

A função exponencial polinomial é definida como:

$$\hat{\alpha}_j^a(t) = e^{\left(1 - \frac{\min(t, t_{max})}{t_{max}}\right)^{\hat{\alpha}} \ln k_j^a} \quad [5]$$

Para deixar mais claro o comportamento das táticas modeladas através destas funções, elas são classificadas em dois grandes grupos extremos demonstrando, claramente, comportamentos distintos dependentes do valor de  $\beta$ . Estes grupos são:

- *Táticas Boulware* - Fazem parte deste grupo as táticas com  $\beta < 1$ .
- *Táticas Conceder* - Fazem parte deste grupo as táticas com  $\beta > 1$ .

As táticas *Boulware* mantêm o valor ofertado até o tempo estar quase expirando. A partir daí, concedem até o valor de reserva. As táticas *conceder* concedem para o seu valor de reserva rapidamente desde o início do tempo. Estes grupos são ilustrados na Figura 5 a seguir:

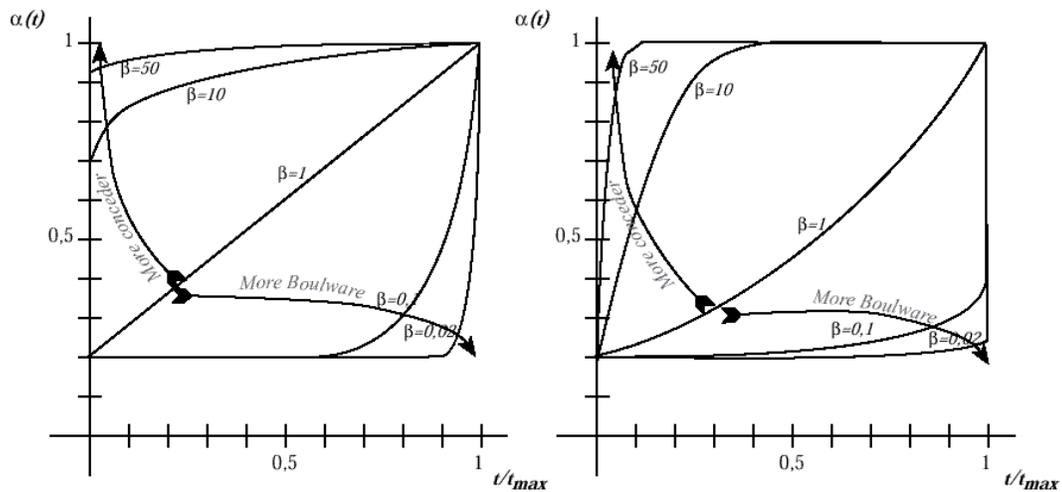


Figura 5. Comportamento das táticas *time-dependent* conforme o parâmetro  $\beta$ . (Figura adaptada de [7]).

### 3.2.2 Táticas dependentes de recursos

Estas táticas são uma classe mais genérica de táticas da qual as dependentes de tempo fazem parte. Na verdade, as táticas dependentes de tempo são uma especialização das dependentes de recursos, nas quais, o único recurso considerado é o tempo. Portanto, estas táticas são modeladas de forma similar e são classificadas em dois tipos:

- Tornando o valor do  $T_{max}$  dinâmico.
- Fazendo a função  $\alpha_j^a$  depender da quantidade de um determinado recurso.

O  $T_{max}$  dinâmico representa uma heurística sobre quantos recursos estão no ambiente. Quanto mais escasso o recurso, é mais urgente a necessidade de um acordo. No trabalho de Faratin, o recurso considerado é o número de oponentes que estão negociando com o agente (múltiplas negociações bilaterais). A heurística baseia-se em que, de um lado, quanto maior o número de agentes que estão negociando com o agente  $a$ , menor urgência para alcançar um acordo com um deles, e de outro lado, quanto maior o número de troca de proposta que já ocorreram, maior a urgência para alcançar o acordo. Então, representando o número de agentes negociando com o agente  $a$  no tempo  $t$  como

$N_a^t$ ; representando o tamanho da *thread* de negociação entre o agente  $a$  e um determinado agente  $i$  como  $|x_{i \leftrightarrow a}^t|$ ; e o tempo que o agente  $a$  considera razoável para negociar com cada oponente como  $\mu$ , o  $T_{\max}$  é definido conforme a expressão a seguir:

$$t_{\max} = \mu \frac{\left(N_a^t\right)^2}{\sum_i |x_{i \leftrightarrow a}^t|} \quad [6]$$

As táticas do segundo tipo geram valores para a oferta conforme a forma que um determinado recurso está sendo consumido. A idéia é tornar o agente mais conciliador à medida que a quantidade de recursos disponíveis diminuem. O limite, quando a quantidade de recursos atinge zero, é ceder até o valor de reserva. Isto é modelado através de um novo calculo para a função  $\alpha_j^a$  como mostrado a seguir, no qual a função *resource(t)* mede a quantidade de recursos no tempo  $t$ :

$$\alpha_j^a(t) = k_j^a + (1 - k_j^a) e^{-resource(t)} \quad [7]$$

### 3.2.3 Táticas imitativas

Esta classe de táticas computa a próxima oferta, com base nas propostas ofertadas pelo oponente. A principal diferença, entre as táticas desta família, é o tipo de imitação que elas realizam. Um grupo imita proporcionalmente, outro, em termos absolutos e o último calcula a média das proporções em um certo número de ofertas anteriores.

Para ilustrar esta família de táticas dependentes do comportamento do oponente, apresentamos como exemplo a definição de uma tática que imita o comportamento do

oponente proporcionalmente. Esta tática reproduz em termos percentuais o comportamento que o oponente realizou  $\delta$  propostas atrás.

Dada a *thread* de negociação:

$\left\{ \mathbf{K}, x_{b \rightarrow a}^{t_{n-2\delta}}, x_{a \rightarrow b}^{t_{n-2\delta+1}}, x_{b \rightarrow a}^{t_{n-2\delta+2}}, \mathbf{K}, x_{b \rightarrow a}^{t_{n-2}}, x_{a \rightarrow b}^{t_{n-1}}, x_{b \rightarrow a}^{t_n} \right\}$ , com  $\delta \geq 1$ , onde  $x_{a \rightarrow b}^t$  representa uma oferta (um vetor de valores propostos) oferecido pelo agente  $a$  para um agente  $b$  no tempo  $t$  e  $x_{a \rightarrow b}^t[j]$  representa o valor proposto pelo agente  $a$  para um agente  $b$  no tempo  $t$  para o item  $j$ , a tática, denominada de *Relative Tit-for-tat* é definida como:

$$x_{a \rightarrow b}^{t_{n+1}}[j] = \text{Min} \left( \text{Max} \left( \frac{x_{b \rightarrow a}^{t_{n-2\delta}}[j]}{x_{b \rightarrow a}^{t_{n-2\delta+2}}[j]} x_{a \rightarrow b}^{t_{n-1}}[j], \min_j^a \right), \max_j^a \right) \quad [8]$$

Onde, a condição de aplicação da tática é que  $n > 2\delta$ .

### 3.3 Modelo RAP

O modelo RAP [5] estende o modelo de Faratin em duas funcionalidades:

- Sugestão de produto alternativo
- Envio de ultimatoss

Para o nosso trabalho, a característica relevante do modelo é a incorporação de ultimatoss.

No protocolo definido no modelo, os negociadores devem enviar uma proposta de ultimato antes de desistir da negociação. Este recurso impede que os negociadores sejam surpreendidos com a desistência do oponente e tenham a chance de aceitar o acordo neste último momento.

Para definir o valor a ser enviado no ultimato, o modelo utiliza as próprias táticas definidas por Faratin para geração das ofertas. Ou seja, o agente não tem uma função

especifica para gerar os valores da proposta de ultimato. O ultimato é enviado quando o tempo ultrapassa o limite determinado para a negociação ( $t > t_{max}$ ).

O modelo define também como o agente decide entre aceitar ou rejeitar um ultimato enviado pelo oponente. A função é definida como:

$$EnviarAceitaçãoUltimato(t, P_{t-1}^v) = \begin{cases} verdadeiro, se [E_p^c(P_{t-1}^v) > -\infty] \wedge ultima\_açã = ut \\ falso, caso contrário \end{cases}$$

[9]

Onde  $t$  representa a rodada de negociação atual e  $P_{t-1}^v$  representa a última proposta recebida.

O símbolo  $-\infty$  representa a avaliação de ofertas que possuem algum item sob negociação com o valor fora do intervalo de negociação do agente, ou seja, uma proposta que não pode ser aceita. A função de decisão considera que o agente vai sair ganhando sempre que a proposta do ultimato estiver dentro do intervalo de acordo.

# Capítulo 4

## Desafios em NBS Mediada por Agentes

Como já foi dito, consideramos o modelo de agente para negociação bilateral de Faratin, junto com as extensões para ultimato incorporadas pelo modelo RAP, o mais adequado para ser utilizado como ponto de partida na criação do EmailBargainer.

Para adaptar o modelo Faratin/RAP para NBS, é necessário definir um protocolo de interação para o novo modelo. Feito isso, é preciso estender a arquitetura do agente para tomar decisões relativas a este tipo de negociação. Porém, antes de adaptar o modelo, é necessário identificar o que precisa ser resolvido para criar agentes capazes de realizar este tipo de negociação. O objetivo deste capítulo é identificar estas questões e indicar um rumo para resolvê-las através da exposição de algumas reflexões sobre os problemas.

As questões abertas e as dificuldades, a nosso ver, para evoluir do modelo Faratin/RAP para um modelo de negociação bilateral seqüencial serão apresentadas nas próximas seções:

### **4.1 Qual o protocolo necessário para uma negociação entre agentes em uma NBS?**

Para que agentes possam realizar NBS como descrito no capítulo 2, é necessário que exista um protocolo que defina a comunicação, as possíveis ações e os contratos possíveis entre eles.

Segundo Gustavo de Paula [5], por mais simples que seja o protocolo de negociação, ele precisa incluir as ações de: fazer um proposta; rejeitar e fazer uma contra-proposta; aceitar uma proposta ; e desistir da negociação.

Para o cenário de NBS, definimos alguns possíveis tipos de protocolos. Para apresentar esta classificação, precisamos definir alguns conceitos fundamentais que são: *acordo*, *compromisso sobre valores do acordo*, *confirmação do acordo*, *cancelamento do acordo* e *efetivação da transação*.

*Acordo* é a concordância entre as partes, quanto aos valores dos itens sob negociação que serão usados para a efetivação da transação. A proposta do acordo é enviada por uma das partes e aceita pelo oponente. Pode ser implementada como um conjunto de pares {item, valor do acordo}.

*Efetivação da Transação* é a contratação do serviço ou da compra do produto segundo o acordo feito. Na efetivação da transação pode ocorrer, por exemplo, o pagamento ou o lançamento da dívida.

Na ocorrência de um acordo, pode haver uma promessa de manutenção dos valores combinados, que serão cumpridos na efetivação da transação. Denominamos esta promessa de *compromisso sobre o acordo*. De agora em diante passaremos a chamar de compromisso, por abreviação.

A efetivação da transação pode ocorrer de forma automática ao se fechar um acordo ou pode depender de uma confirmação por intermédio de um compromisso. A esta confirmação damos o nome de *confirmação do acordo*.

*Prazo do compromisso* é o tempo máximo dentro do qual o comprador deve confirmar o acordo para que a transação seja efetivada. Após este prazo o fornecedor não se compromete mais a manter o acordo.

*Cancelamento do Acordo* é o dissolvimento da obrigação sobre os valores combinados para a transação.

Imaginamos que ações relativas aos conceitos apresentados precisem ser reguladas pelo protocolo. Tipos diferentes de protocolos podem ser criados para regular conjuntos diferentes de possíveis ações. Estes protocolos podem ser classificados quanto ao momento da efetivação do acordo e quanto à forma e o momento de estabelecimento do prazo para o compromisso. Apresentamos então possíveis tipos de protocolo conforme estas diferentes visões:

### 4.1.1 Quanto à condição para a efetivação da transação

A efetivação da transação pode ocorrer de duas formas:

- *Efetivação imediata ou sem compromisso sobre o acordo;*
- *Efetivação não-imediata ou com compromisso sobre o acordo.*

A efetivação da transação pode ocorrer automaticamente assim que um acordo for alcançado ou pode ocorrer dentro de um prazo pré-estabelecido, ao recebimento de uma mensagem de confirmação enviada pelo comprador ao vendedor. No primeiro caso a efetivação da transação ocorrerá com os valores contratados no acordo alcançado. No segundo caso o vendedor se compromete a manter os valores e a disponibilidade do item negociado, caso a confirmação do acordo ocorra dentro do prazo estabelecido.<sup>1</sup>

Denominamos o primeiro tipo de protocolo de efetivação imediata ou protocolo sem compromisso de manutenção do acordo e o segundo de protocolo de efetivação não-imediata ou protocolo com compromisso de manutenção do acordo. Os dois protocolos são ilustrados na Figura 6. No exemplo (a), o contrato para a transação comercial é firmado automaticamente ao haver um acordo sobre o valor de \$100 para a venda. No exemplo (b), o contrato só ocorre após a confirmação do acordo enviada pelo comprador, caso ele o faça dentro do prazo estabelecido pelo vendedor.

Intuitivamente, a implicação de adotar um protocolo sem compromisso é que o agente comprador não tem a chance de comparar os acordos conseguidos em outras negociações. Já no protocolo com compromisso, o agente tem um prazo para decidir entre confirmar ou não o acordo.

---

<sup>1</sup> Variantes podem ocorrer no conceito de compromisso. Por exemplo, compromisso sobre apenas alguns dos valores de acordo (compromisso sobre o preço mas não sobre a forma de pagamento). Para evitar uma complexidade prematura, neste trabalho vamos considerar apenas compromissos sobre todos os valores do acordo e sobre a disponibilidade do produto.

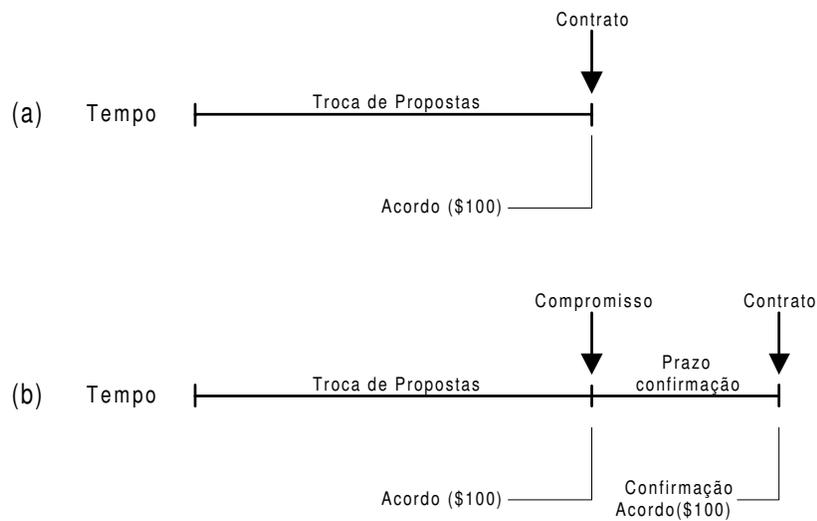


Figura 6. Negociação com efetivação imediata (a) e com efetivação não-imediata (b).

#### 4.1.2 Quanto à forma de estabelecimento do prazo para o compromisso

A forma de estabelecimento do prazo pode ser:

- *Informada;*
- *Negociada*

No primeiro, o prazo de compromisso é definido pelo fornecedor e informado ao consumidor. No segundo, o prazo de compromisso é negociado entre fornecedor e consumidor.

#### 4.1.3 Quanto ao momento de estabelecimento do prazo para o compromisso

O estabelecimento do prazo para o compromisso pode ocorrer:

- Antes do início da negociação do serviço (produto);
- Ao final da negociação;
- Durante o processo de negociação.

O prazo para o compromisso pode ser estabelecido antes do início da negociação, sendo informado pelo fornecedor junto com as informações que definem o serviço oferecido.

O prazo pode também ser estabelecido ao final do processo de troca de propostas, quando o acordo é alcançado. Ou finalmente ele pode ser determinado durante o processo de negociação, podendo ocorrer como mais um item sendo negociado em uma negociação *multi-issue*.

Se o agente participa de uma NBS cujo prazo é informado antes da negociação iniciar, ele pode ponderar esta informação para decidir com quem irá negociar, caso considere o prazo um requisito importante. Por outro lado, se o prazo é negociado, ele tem a opção de abrir mão das outras conquistas para tentar prazos maiores, conforme priorize isso. Já quando o prazo só é informado ao final da negociação, esta informação só servirá para as decisões que ocorrem a partir deste momento.

Além destes conceitos que consideramos essenciais para o protocolo, outros poderiam ser acrescentados como, por exemplo, a possibilidade de cobrança de multa [33,35] para o caso de não cumprimento do compromisso por parte do fornecedor ou até mesmo para o cancelamento de um compromisso por parte do consumidor. Como não consideramos evidente que será necessária a cobrança de multa, decidimos não abordar este problema a princípio.

## **4.2 Como tratar o tempo em negociações neste cenário?**

O tempo é um dos principais fatores determinantes do comportamento do agente em negociações entre um fornecedor e um consumidor [7]. Isto é verdade principalmente do lado do consumidor, quando os agentes normalmente têm um tempo limite estrito dentro do qual a negociação deve ser concluída. Por exemplo, uma pessoa que tem um compromisso em outra cidade precisa comprar uma passagem a tempo para a sua viagem. Além deste aspecto, a depender das necessidades do negociador, à medida que o tempo passa, a utilidade do bem diminui devido a um fator que abate o seu valor. É clássico o exemplo da negociação de um sorvete que vai derretendo. Quanto mais rápido o negociador conclui o negócio, maior a utilidade do sorvete para ele.

No contexto de uma NBS, pelo menos dois limites de tempo precisam ser considerados. O tempo máximo para a conclusão da NBS e o tempo máximo para permanência em cada negociação bilateral.

Estes dois limites devem ser determinados pelo comprador (usuário) conforme suas necessidades particulares, mas interferem diretamente nas decisões do agente, por exemplo, se satisfazendo mais rapidamente à medida que o tempo para a conclusão do negócio se aproxima do fim.

### **4.3 Como se aproveitar das condições de um cenário de E-mall para obter melhores resultados nas negociações?**

Um ambiente de *E-mall* cria condições para que um agente tire proveito das informações de negociações passadas para tentar negociar melhor nas negociações seguintes.

Pensamos em duas formas de fazer isso: através de aprendizagem de máquina e através de heurística. As duas formas serão discutidas nas próximas seções.

#### **4.3.1 Usando aprendizagem de máquina**

Conseguimos identificar algumas tarefas de aprendizagem como meio para buscar melhores resultados. Estas tarefas são sobre:

- *Táticas e/ou estratégias de geração de proposta.*
- *Perfil do oponente.*
- *Valores do mercado.*

A aprendizagem de táticas e/ou estratégias de geração de proposta diz respeito ao ajuste das funções de geração da proposta do agente para que ele consiga obter resultados melhores quando negociando contra oponentes de diversos perfis. Sabemos de três trabalhos que vão nesta direção. O trabalho de Matos [26] utiliza algoritmos genéticos para identificar as táticas que obtêm os melhores resultados quando negociando em vários cenários gerados para um experimento. Porém, esta técnica é um processo *batch* e *off-line* o que significa que não é útil para ajustar a tática durante o processo de negociação. Já o trabalho de Wong [39], utiliza *Case-Based Reasoning* (CBR) para capturar e re-utilizar experiências de negociações anteriores. As negociações são representadas por percentuais que os negociadores cederam em cada oferta. Os casos mais similares são utilizados nas novas negociações para gerar a próxima proposta, com

base no percentual que o negociador cedeu na experiência anterior. O terceiro trabalho, realizado por Cardoso [3], utiliza *reinforcement-learning* para ajustar alguns dos parâmetros que definem a geração dos valores para a proposta, conforme foi modelado por Faratin. A principal diferença entre este trabalho e o de Matos é permitir aprendizagem on-line. Porém, também não considera as propostas do oponente para decidir quanto oferecer e apenas determina a estratégia que tem obtido melhores resultados no geral.

Quanto à aprendizagem sobre o oponente, poderíamos buscar identificar o seu perfil de comportamento utilizando algoritmos de agrupamento e de classificação e tentar prever seus movimentos de forma que o agente pudesse adequar sua estratégia. Porém, não está claro para nós, como as informações adquiridas sobre o perfil do oponente poderiam ser utilizadas de forma que garantissem um ganho para o agente. Além disso, este problema de previsão torna-se extremamente difícil no contexto de negociação devido a sua natureza de um jogo dinâmico de informação incompleta [10], pois o jogador não conhece a função de avaliação do oponente, o tempo máximo que pretende permanecer na negociação, suas táticas de geração de proposta ou seus valores de reserva. Ou seja, não se pode fixar alguns parâmetros para se prever outros.

No terceiro tipo de aprendizagem, um agente que negociasse o mesmo produto com diferentes oponentes, poderia levantar informações a respeito dos valores que são negociados no mercado. A partir destas informações o agente poderia decidir seu comportamento em negociações seguintes para não obter resultados inferiores ao que é possível conseguir no mercado ou para tentar forçar acordos melhores. Soluções parecidas com esta podem ser conseguidas através de heurística. Na seção seguinte abordaremos este assunto.

### **4.3.2 Usando heurísticas**

O grau de ofertas é naturalmente uma vantagem direta de uma NBS para o consumidor, uma vez que possibilita comparar ofertas e optar pelo fornecedor que negocia melhores condições. Além de permitir comparações e possibilitar alternativas para a escolha, este cenário também cria condições para que o agente tire proveito dos acordos obtidos, para tentar negociar melhor nas negociações seguintes. Além dos tipos de aprendizagem baseados em *machine learning* mencionados na seção 4.3.1, o negociador poderia

utilizar outros meios para tentar melhorar o *payoff* (utilidade) do agente, forçando acordos melhores com base nos resultados já conseguidos.

Pensamos em algumas heurísticas que poderiam ser aplicadas na tentativa de obter um melhor resultado nas negociações subseqüentes. Elas são:

- Alterar a tática de geração da proposta para ceder mais lentamente;
- Alterar o valor de reserva;
- Utilizar o ultimato.

Alterar a tática de geração da proposta para ceder mais lentamente, não garante um melhor resultado, apesar de parecer uma opção razoável, visto que o negociador demora mais para aceitar valores piores para ele. Primeiro, não se pode esperar que as condições da nova negociação sejam as mesmas da anterior, dado que o comportamento do oponente tem total influência sobre o resultado final da negociação. Além disso, se o oponente estiver utilizando uma tática imitativa (baseada no comportamento do seu oponente), ele também irá ceder lentamente e o resultado poderá ser pior do que na negociação anterior.

A segunda opção é alterar o valor de reserva para o valor do melhor acordo alcançado nessas negociações (ou valor esperado como resultado). Neste caso o agente não cede além do resultado esperado, mas há uma confusão dos conceitos de valor de reserva e valor esperado. Alterando o valor de reserva estaríamos alterando o intervalo de negociação do agente e conseqüentemente o referencial para a função de avaliação, já que no modelo existente a função de avaliação se baseia no intervalo entre o valor de reserva e o valor de maior utilidade para o agente. Além disso, no caso de uma negociação *multi-issue* seria necessário optar entre várias possibilidades para os novos valores de reserva, visto que várias combinações de valores dos itens sob negociação podem ter a mesma avaliação.

A outra opção é a utilização do ultimato. O ultimato é utilizado como declaração final e irrevogável para satisfação de certas exigências, ou seja, como última oferta dentro da negociação. Portanto pode ser utilizado para encerrar a negociação no momento conveniente para o negociador, não cedendo além do valor que lhe interessa. A utilização do ultimato pode conduzir a um ganho maior do que se a negociação

prosseguisse naturalmente a partir daquele ponto, pois neste caso o negociador continuaria cedendo. No caso de NBS, podemos utilizar o ultimato tomando como referência um valor conseguido em uma negociação anterior e forçando um acordo melhor (ultimato com *payoff* superior). Ao utilizar o ultimato como uma forma de forçar um acordo melhor, o agente corre o risco de ter a proposta rejeitada. O ultimato pressiona o oponente a tomar uma decisão e a proposta só será aceita se estiver dentro do intervalo de acordo. Quanto maior o resultado esperado maior o risco do ultimato ser rejeitado.

A Figura 7 ilustra um exemplo onde o intervalo de negociação do agente é [20,60] para o preço. Na primeira negociação o acordo é alcançado no valor 40. De acordo com a função de avaliação do agente este valor tem avaliação 0,5. Na segunda negociação, o valor de reserva é mantido, mas o agente pretende tentar um resultado melhor que o conseguido na negociação anterior (avaliação 0,6). Portanto, o valor da última proposta ou proposta de ultimato é 36.

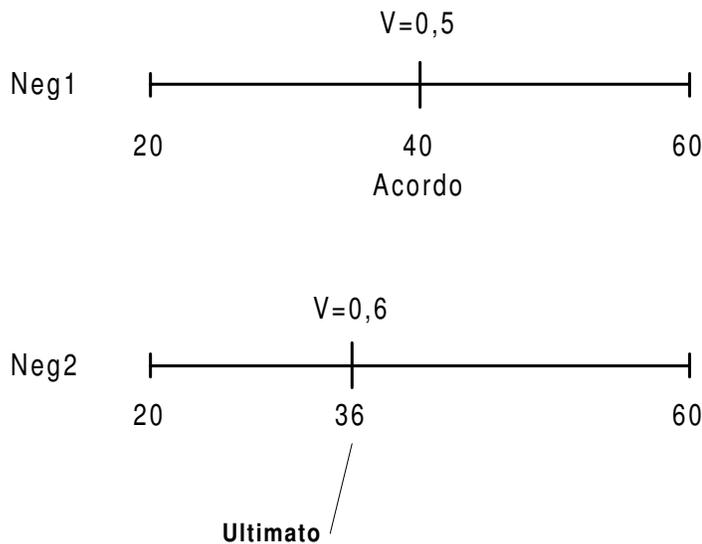


Figura 7. Uso do ultimato como forma de tentar o acordo desejado.

#### 4.4 Como definir quanto se espera ganhar em cada negociação?

Quando um negociador alcança um acordo dentro de uma NBS e ainda possui fornecedores com quem pode continuar tentando acordos melhores, ele precisa definir o quanto pretende ganhar a mais do que o que conseguiu nas negociações realizadas. A

partir deste ganho esperado será calculado um valor que servirá de limite para aceitar um acordo nas negociações seguintes.

Algumas políticas poderiam ser criadas para criar funções de decisão com esta finalidade. Conseguimos identificar dois fatores que influenciam nesta decisão e que poderiam ser usados nestas funções. O primeiro é o valor de avaliação do acordo já conseguido. Este valor influencia no ganho inicial esperado de forma que a exigência de ganho pelo negociador é menor quando os valores de acordo se distanciam do valor de reserva, ou seja, quanto maior a avaliação menor o ganho esperado. Por exemplo, é razoável que um agente tente um progresso maior nas próximas negociações se ele consegue um acordo com avaliação 0,1 do que se o acordo tem avaliação 0,9.

O outro fator é o número de negociações restantes (fornecedores com quem ainda poderia negociar). Este valor influencia no ganho de forma que quando as ofertas vão se tornando escassas, o ganho esperado vai decrescendo. Ou seja, quanto menor o número de fornecedores restantes, menor o valor esperado.

#### **4.5 Como decidir entre prosseguir ou não com as negociações da NBS?**

Após a realização de um acordo, o negociador precisa decidir entre efetivar a transação com o acordo que já foi obtido, desistindo das negociações restantes, ou continuar negociando, tentando ganhar mais do que já foi conseguido no acordo alcançado. Em resumo, decidir entre prosseguir tentando um melhor resultado ou efetivar a transação com o acordo que tem em mãos.

As chances de conseguir um acordo melhor e o custo do processo de negociação são fatores que precisam ser considerados nesta decisão. Nas seções 4.5.1 e 4.5.2, analisamos estes dois fatores. Na seção 4.5.3 discutimos situações especiais nas quais a decisão pode ocorrer.

##### **4.5.1 As chances de se conseguir um acordo melhor.**

As chances de se conseguir um acordo melhor depende: do *número de negociações restantes*, da *avaliação do acordo obtido* e do *progresso da rodada de negócio*.

O *número de negociações restantes* influencia na decisão porque, quanto maior o número de negociações a realizar maior as chances de um acordo.

*A avaliação do acordo obtido* influencia na decisão porque quanto mais alto ele for, mais vale desistir da busca por acordos melhores. Inclusive porque as chances de se conseguir um acordo melhor diminuem. Por outro lado se a avaliação for baixa pode ser mais interessante para o negociador continuar negociando.

*O progresso da NBS* mede o quanto o agente está avançando nos resultados obtidos nas negociações. Se esta medida demonstrar que o progresso é grande e ainda existirem muitas negociações restantes, então a probabilidade de um acordo melhor será maior.

#### **4.5.2 O custo de permanecer negociando.**

O custo de permanecer negociando obviamente reduz as vantagens de tentar um novo acordo. Estes custos são relativos a recursos que estejam sendo consumidos para realizar a operação como, por exemplo, recursos de processamento e de comunicação. Além disso, o próprio tempo pode ser considerado um recurso que está se esgotando. A depender das necessidades do negociador, à medida que o tempo passa, a utilidade do bem diminui devido a um fator que abate o seu valor.

#### **4.5.3 Situações especiais**

Existe pelo menos uma situação especial que deve ser considerada no momento da decisão determinada pelo fato do prazo de compromisso estar expirando. Quando atuando sob um protocolo “Com Compromisso”, o agente tem um prazo para confirmar a transação e, portanto, quando este prazo estiver expirando, precisa decidir quanto a efetivar a transação ou abandonar um acordo obtido. Neste caso, a principal finalidade da função é avaliar o risco de não conseguir um outro acordo de avaliação igual ou superior ao acordo que está expirando. Já no caso de não haver um compromisso expirando, a preocupação é principalmente o custo, visto que o risco de perder o acordo não é iminente. Portanto, a execução da função pode ocorrer a cada instante de tempo, ou antes do início de cada negociação do ciclo e ao expirar um compromisso.

Outras situações especiais também podem ser consideradas. Se o negociador possui vários acordos sob compromisso, precisa decidir qual dos acordos é mais interessante para ele. Para esta decisão é importante considerar os prazos dos compromissos e a avaliação dos resultados obtidos. Por exemplo, considere que o comprador tem um compromisso expirando com o resultado da negociação avaliado em 0,6 e outro

compromisso com o resultado avaliado em 0,4, sendo que o segundo expira depois do primeiro. Neste caso, ele pode optar por abandonar o que está expirando considerando, que existe outro que só irá expirar mais tarde e neste período ele poderá tentar novos acordos. Outra decisão possível seria optar pelo que está expirando e confirmar a transação.

#### **4.6 Como tratar a relação risco/Payoff?**

Praticamente todas as decisões que definem o comportamento do agente precisam pesar, de um lado, a possibilidade de aumentar o *payoff* e, do outro, a possibilidade de perder o acordo.

Quando um negociador alcança um acordo dentro de uma NBS e ainda possui fornecedores com quem pode continuar tentando acordos melhores, ele precisa definir o quanto pretende ganhar a mais do que conseguiu nas negociações realizadas. Quanto maior o ganho que ele exige como condição mínima para um acordo nas negociações seguintes, maior o risco de não conseguir o acordo. O número de fornecedores com os quais ainda pode negociar também influencia neste risco, pois quanto menor o número de fornecedores, menor a chance de se conseguir o acordo com o valor esperado.

Nas decisões de continuar negociando ou confirmar a transação, o risco também está presente. Se um compromisso está expirando e o agente opta por continuar negociando, obviamente está se expondo ao risco de não conseguir acordos que o satisfaça nas negociações seguintes. O risco está presente em cada uma dessas decisões, portanto, é necessário modelar o agente de forma que possa ser adequado ao perfil de cada negociador.

# Capítulo 5

## Agente EmailBargainer

O modelo do agente EmailBargainer é composto por um protocolo que governa as interações entre os agentes na NBS e por mecanismos de decisão que conduzem o agente em um processo de negociação deste tipo.

Neste capítulo apresentamos este protocolo e os mecanismos de decisão com uma explicação sobre os conceitos que utilizamos na construção deles.

### 5.1 Requisitos para o agente

Com base nas questões que precisam ser tratadas para a criação de um agente de negociação para NBS (apresentadas no cap. 4), identificamos alguns requisitos que consideramos necessários para a criação do nosso modelo. Estes requisitos são:

- (1) O agente tem como objetivo maximizar o seu *payoff* ao final da rodada de NBS;
- (2) O tempo deve ser considerado, pois os agentes têm prazos sobre os quais a rodada deve ser concluída, além de prazos para a confirmação do acordo;
- (3) O modelo deve permitir que o usuário defina o comportamento desejado para o agente de forma simples, sem precisar ser um especialista em negociação ou conhecer detalhes da implementação;

Estes requisitos podem ser atendidos de diversas formas. Precisamos decidir o escopo de atuação do agente, o tipo de protocolo sob o qual as NBSs irão ocorrer e a forma que pretendemos resolver as questões apresentadas no cap. 4. Na seção seguinte, apresentamos as decisões relativas a estes itens.

## 5.2 Decisões de projeto

A fim de criar o modelo para o agente foi necessário definir qual a abordagem a ser utilizada na solução dos problemas apresentados. Definimos as seguintes diretrizes para a criação do modelo:

- (1) **Protocolo** - O *protocolo* deve abranger o tratamento de compromisso de manutenção do acordo com prazo informado, comportando as seguintes ações: *fazer proposta, rejeitar uma proposta e fazer uma contra-proposta, aceitar uma proposta, abandonar uma negociação sem alcançar um acordo, enviar uma confirmação de acordo, enviar um cancelamento do compromisso, aceitar ou rejeitar a confirmação do acordo.*
- (2) **Estratégia para ganhar mais** - A estratégia que decidimos implementar para que o agente tente tirar proveito das múltiplas opções de fornecedores em uma NBS é o uso do ultimato. Uma vez que tenha conseguido um acordo com um determinado valor, o agente deve tentar obter resultados melhores nas negociações restantes. A forma que encontramos para isso é definir um valor que o agente espera ganhar a mais do que o que já conseguiu em um acordo e que está sob compromisso. Este valor passa a servir de base para o valor que será oferecido como ultimato na próxima negociação.
- (3) **Proposta de barganha** – Normalmente supõe-se que o ultimato é dado por um negociador quando ele alcança seu valor de reserva, ou seja, quando não pode ceder mais no seu valor. Porém, ele pode ter outras razões para oferecer o ultimato, como ganhar tempo ou tentar obter um melhor resultado. Para diferenciar estes dois casos, neste trabalho chamamos de proposta de barganha a proposta de ultimato enviada como uma tentativa de obter um resultado melhor (aumentar o seu *payoff*).
- (4) **Decisões baseadas no acordo de melhor avaliação** – Como foi discutido na seção 4.5.3, a decisão de abandonar um compromisso que está prestes a expirar poderia considerar não só a avaliação do acordo que está expirando, mas também outros acordos que por ventura possam existir com uma avaliação menor, mas que só irão expirar mais tarde. Como não consideramos

evidente que este tratamento será necessário, decidimos não agregar esta complexidade ao modelo.

- (5) ***Negociação single-issue*** – Devido à complexidade envolvida na construção de uma proposta *multi-issue* a partir de uma avaliação esperada, decidimos desenvolver a primeira versão do modelo para negociações de um único aspecto do produto (por exemplo, o preço).
- (6) ***Decisão de continuar na NBS ou confirmar a transação*** – A decisão de confirmar um acordo sem que o prazo do compromisso esteja expirando só faz sentido quando um dos objetivos do agente é reduzir o tempo ou custo da negociação. Como para o contexto que estamos tratando não está evidente que é necessário buscar este objetivo, resolvemos desenvolver o agente com a decisão de continuar ou não, apenas para os casos quando o prazo do compromisso está expirando.
- (7) ***Personalização intuitiva do agente*** – Como as decisões em uma NBS são influenciadas por vários fatores e é possível determinar uma enorme variedade de comportamentos para o agente, a especificação destes comportamentos depende do ajuste de várias funções e parâmetros. É difícil conseguir expressividade destas funções, sem agregar complexidade. Pensamos em duas alternativas para driblar este problema e atender ao requisito (3) da seção 5.1. A primeira é criar uma função que mapeie o comportamento esperado pelo usuário para as funções que determinam o comportamento do agente. A segunda é que o próprio desenvolvedor conheça o funcionamento do agente o suficiente para configurar diretamente as funções para atender ao comportamento especificado pelo usuário.

### **5.3 Protocolo**

Para regulamentar as interações entre os agentes, criamos um protocolo com compromisso de manutenção do acordo e prazo informado (ver seção 4.1). O protocolo define as ações permitidas aos participantes em cada estado do processo de negociação, ou seja, quais as mensagens que podem ser enviadas aos oponentes. As mensagens possíveis no protocolo que criamos são: *proposta*, *ultimato*, *aceita*, *rejeita*, *confirma*

*acordo, cancela acordo, recusa confirmação e certifica confirmação.* Os significados destas mensagens são apresentados a seguir utilizando os conceitos definidos na seção 4.1:

*Proposta* – É composta de valores ordenados que representam as ofertas do agente para os itens sob negociação;

*Ultimato* – Expressa que será a ultima tentativa de um acordo antes de desistir da negociação e é composta de valores ordenados que representam as ofertas do agente para os itens sob negociação;

*Aceita* - Indica que o agente concorda com os valores ofertados pelo oponente na ultima proposta;

*Rejeita* - Indica que o agente desistiu de buscar um acordo e saiu da negociação;

*Confirma acordo* – É enviada pelo agente consumidor para confirmar um acordo sob compromisso;

*Cancela acordo* - É enviada pelo agente consumidor para cancelar um acordo sob compromisso;

*Recusa confirmação* - É enviada pelo agente fornecedor para expressar que não aceita a confirmação do acordo, porque o prazo estabelecido para o compromisso expirou;

*Certifica confirmação* - É enviada pelo agente fornecedor para expressar que aceita a confirmação e que a transação foi efetivada.

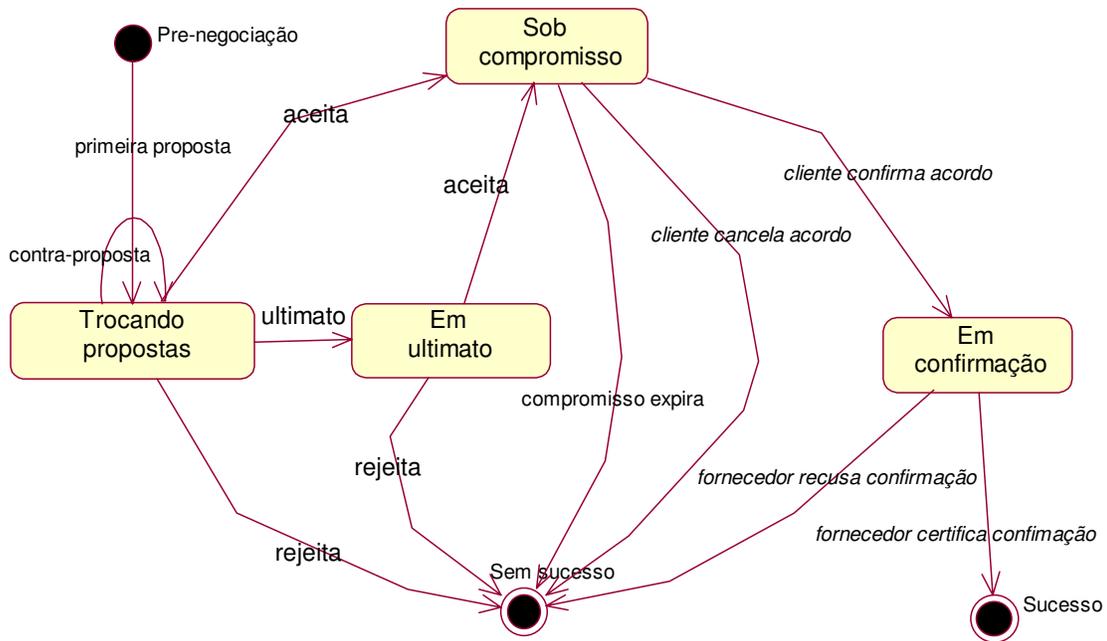


Figura 8. Protocolo para NBS (simplificado).

O protocolo é definido através de um diagrama de estados do processo de negociação bilateral ilustrado na Figura 8. Os eventos ocorrem ao envio das mensagens e são identificados com nomes equivalentes aos delas. O processo inicia com um diálogo que estabelece as condições para a negociação (itens sob negociação, prazo de compromisso). Este diálogo aparece na máquina de estados como estado inicial. Então, um dos agentes faz uma proposta (transição para o estado “Trocando propostas”). Ao receber uma proposta, o agente pode: fazer uma contra-proposta (continuando no estado de “Trocando propostas”); aceitar a oferta do oponente (transição para o estado “Em compromisso”); rejeitar e sair da negociação (transição para o estado final “Sem sucesso”); ou enviar um ultimato (transição para o estado “Em ultimato”). Ao receber um ultimato o agente pode aceitar ou rejeitar. Quando sob um compromisso (estado “Em compromisso”), o prazo deste pode expirar ou o consumidor pode cancelar o compromisso (transição para o estado “Sem sucesso”) ou pode confirmar o acordo (transição para o estado “Em confirmação”). Ao receber uma confirmação, o fornecedor pode certificar o cumprimento do acordo ou recusar caso a confirmação do consumidor esteja fora do prazo (transição para o estado “Sem sucesso” ou “Sucesso”).

Como é ilustrado na Figura 10, o processo externo é um ciclo de negociações bilaterais que se repete enquanto houver negociações pendentes e o tempo máximo para a transação não chegar ao fim. Ao final de cada negociação bilateral o agente decide quanto pretende ganhar na negociação seguinte.

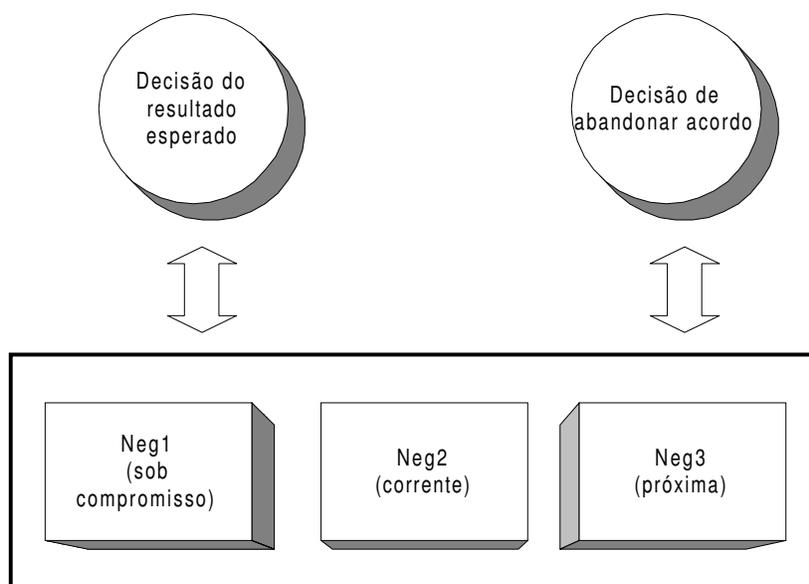


Figura 10. Processo externo do agente EMailBargainer.

Os mecanismos de decisão que fazem parte desta camada são:

- Decisão de abandonar um acordo que está expirando ou confirmar a transação.
- Decisão de quanto se espera obter como resultado na negociação seguinte.

Note que os processos de decisão não acontecem necessariamente no instante que aparecem na figura. Por exemplo, a decisão de abandonar um acordo que está expirando pode ocorrer dentro do processo de uma negociação bilateral. Apesar disso, esta decisão faz parte do processo externo, visto que considera o estado da NBS e não apenas de uma negociação bilateral simples.

No processo interno ou processo da negociação bilateral, o agente recebe uma proposta e conforme seu tipo (ultimato, oferta, resposta confirmação, aceita, rejeita) e o estado da NBS, decide a ação a ser realizada. Trata-se de uma extensão ao modelo Faratin/RAP, acrescentando as decisões relativas à geração e envio da proposta de barganha. Os mecanismos que fazem parte desta camada são:

- Interpretação da mensagem recebida;
- Interpretação da oferta do oponente;
- Interpretação do ultimato;
- Geração da proposta de barganha;
- Geração da proposta segundo tática;
- Decisão do momento para a proposta de barganha.

A Figura 11 ilustra a arquitetura do processo interno. Conforme pode ser visto na figura, o mecanismo da mensagem recebida é responsável por identificar o tipo de mensagem enviada pelo oponente. Se o oponente aceitar ou rejeitar a última proposta enviada pelo agente, então o processo termina. Se o oponente enviar um ultimato, então ele é interpretado para enviar uma resposta de aceita ou rejeita. Se for uma oferta, então o mecanismo de interpretação da oferta é responsável por decidir a ação a ser tomada, enviando uma contra-proposta ou um ultimato. Estas funções serão detalhadas na seção 5.6.

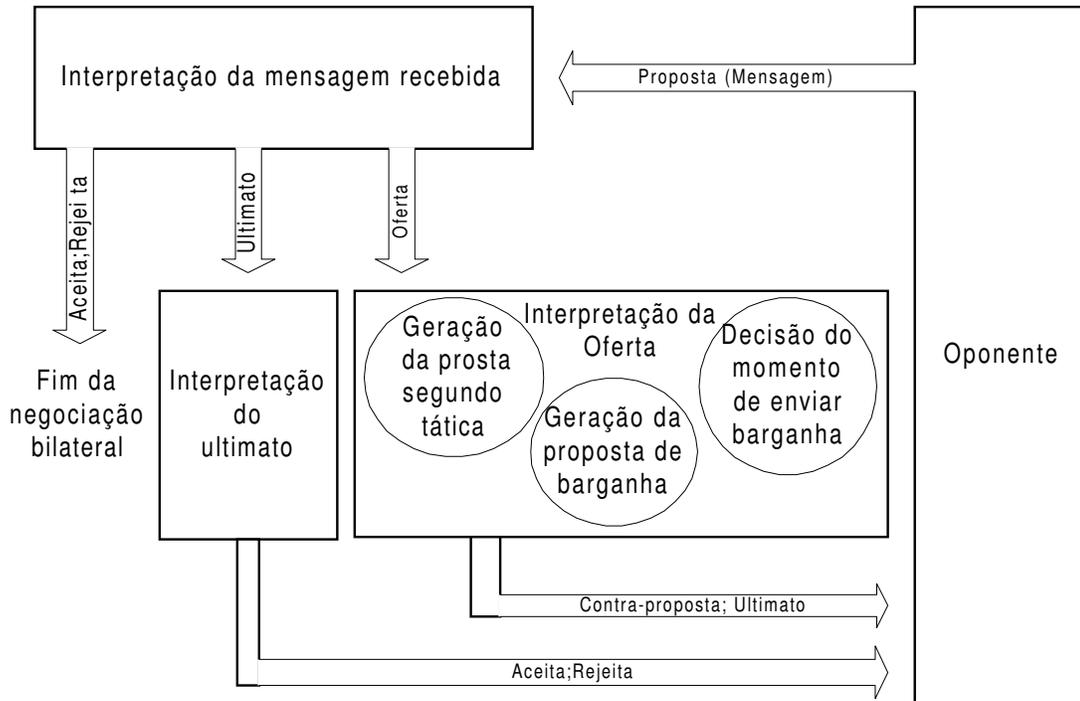


Figura 11. Processo interno do agente EmallBargainer.

### 5.4.1 Estados do agente na NBS

Para dar uma visão macro sobre o funcionamento do agente durante uma NBS, apresentamos um diagrama de estados simplificado. Este diagrama foi modelado em UML [2,31] e é apresentado na Figura 12.

Os principais estados do agente durante a NBS são “Tentando acordo” e “Barganhando”. Enquanto o agente ainda não possui nenhum acordo sob compromisso, ele está no estado “Tentando acordo”. Quando se encontra neste estado o agente realiza negociações bilaterais até alcançar um acordo ou até um dos dois participantes desistirem da negociação. Esta etapa é representada pelo estado interno “Negociando”. Se alcançar um acordo na negociação, então há uma transição para o estado “Barganhando”, senão inicia uma nova negociação, retornando para o estado interno “Negociando” até não haver mais negociações restantes na NBS.

Nas negociações bilaterais que ocorrem durante o estado “Barganhando”, o agente realiza ações e toma decisões relativas ao envio da proposta de barganha. Durante estas negociações o agente encontra-se no estado interno “Negociando com Barganha”. Se os

A troca de propostas atende a definição de *thread* de negociação do modelo de Faratin. Portanto, as mensagens são alternadas entre os participantes. O diagrama da Figura 8 é um diagrama simplificado visando maior legibilidade. Nele, os eventos que só podem ocorrer através de um dos participantes (fornecedor ou cliente) aparecem em itálico e com a identificação do participante que envia a mensagem. O diagrama completo do protocolo demonstra este aspecto explicitamente, através de mensagens e estados simétricos para os consumidores e fornecedores (ver Figura 9).

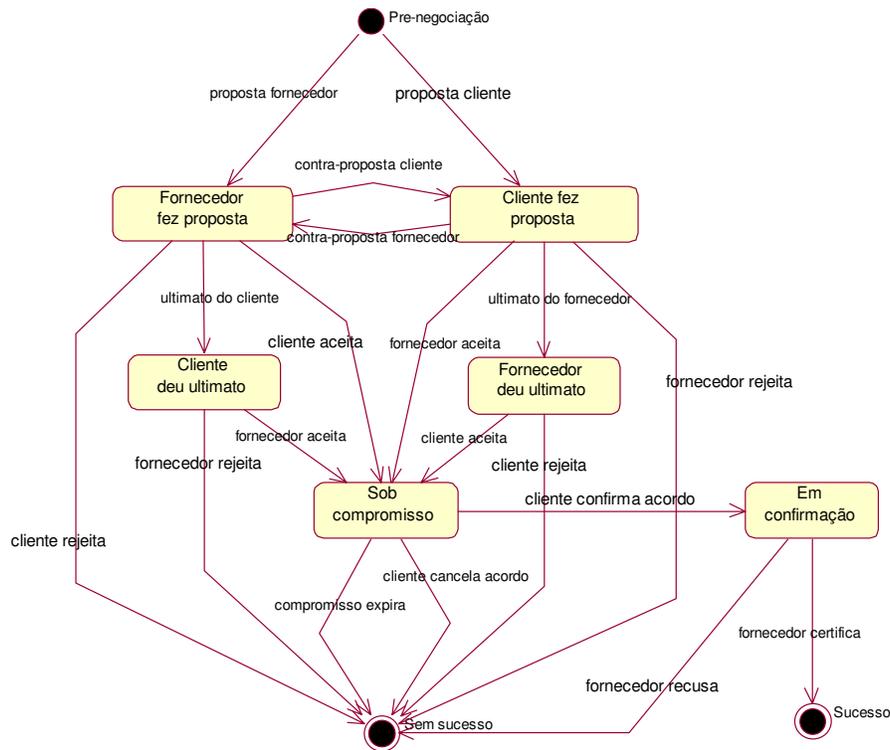


Figura 9. Protocolo para NBS.

## 5.4 Arquitetura

A arquitetura do agente é composta por mecanismos que são responsáveis pelas tomadas de decisão em dois níveis do processo. O primeiro, o processo externo, trata as decisões que dizem respeito a NBS em um maior nível de abstração no qual as negociações são vistas externamente. O segundo, o processo interno, trata o processo relativo à troca de propostas entre dois negociadores de uma negociação bilateral.

compromissos de acordo expiram, então o agente retorna ao estado de “Tentando acordo”. Ao confirmar um acordo, há uma transição para o estado “Confirmação enviada”. Então o fornecedor pode certificar a confirmação ou recusar, caso o prazo tenha expirado.

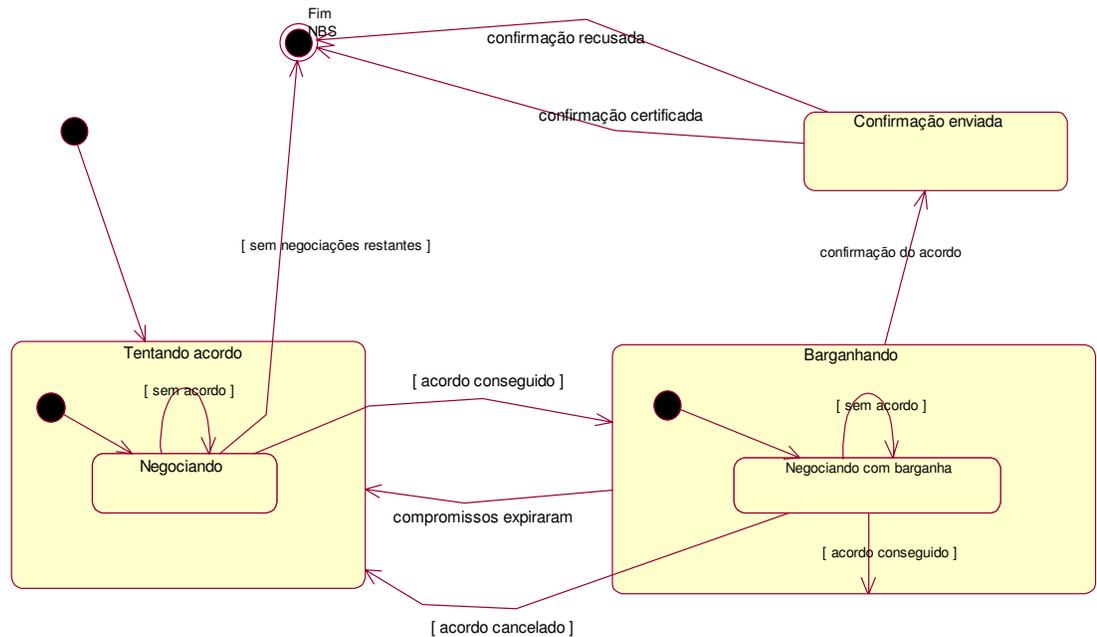


Figura 12. Diagrama de estados do agente EmallBargainer.

## 5.5 Mecanismos do processo externo

Nas próximas seções apresentamos as funções de decisão que definimos como uma sugestão para a construção do modelo cognitivo do agente quanto ao processo externo da NBS. Ao apresentar cada função, explicamos os conceitos utilizados no desenvolvimento delas. Estes conceitos surgiram das reflexões apresentadas no Capítulo 4.

### 5.5.1 Decisão de abandonar ou não um acordo

Como discutido na seção 5.2(6), decidimos criar uma função responsável pela decisão de abandonar ou não um acordo cujo prazo está expirando. Conforme foi tratado na seção 4.5, esta função é uma especialização da função de continuar ou não na NBS, e

depende essencialmente das chances de conseguir um acordo melhor do que o que está sob compromisso. Vale lembrar que decidir não abandonar um acordo implica em confirmá-lo e sair da NBS, enquanto decidir abandonar um acordo significa continuar tentando acordos na NBS.

Uma grande variedade de funções de decisão de abandonar ou não um acordo pode ser definida simplesmente variando a forma que as chances de conseguir um acordo melhor são medidas. A forma que encontramos para definir o comportamento do agente com base nas chances de conseguir um melhor acordo foi criar uma heurística que reflete quantas negociações ele deve realizar antes de fechar um negócio. Se ao final do prazo de compromisso o agente ainda não houver realizado esta quantidade de negociações, o compromisso será cancelado e o agente continuará realizando as negociações da série. Caso já tenha cumprido este número mínimo de negociações e não tenha conseguido resultados melhores, então o agente confirma o acordo. Este fator da decisão, que chamamos de *minNeg*, é um valor no intervalo  $[0, totalNeg]$ , onde *totalNeg* é o número total de negociações da NBS (número de oponentes). Então, dada um série de negociações de uma NBS no domínio  $N = N_1, N_{\cup}, \dots, N_c, \dots, N_n$ , onde  $N_c$  é a negociação corrente e  $N_{\cup}$  é a negociação sob compromisso, a decisão de abandonar um acordo é definida como:

$$fabandon(c, minNeg) = \begin{cases} \text{Se } c < minNeg, & \text{retorna false} \\ \text{caso contrário,} & \text{retorna true} \end{cases} \quad [10]$$

Onde *minNeg* representa o número mínimo de negociações que devem ser realizadas antes de confirmar um acordo.

Para determinar o *minNeg* criamos a função *fminNeg* dependente da avaliação do melhor acordo conseguido (que está expirando) e de mais três valores que assumimos como constantes. Estas constantes são o *totalNeg*, já definido, e mais o *commitThreshold* e *abandonVenture*.

A constante *commitThreshold* representa a avaliação que satisfaz o negociador na NBS, de forma que ele possa efetivar a transação sem tentar outros acordos. Assim, quanto menor o valor determinado pelo negociador para o *commitThreshold*, mais facilmente ele se satisfaz com os resultados obtidos, confirmando o acordo e desistindo das negociações restantes. A Figura 13 ilustra a utilização do *commitThreshold*.

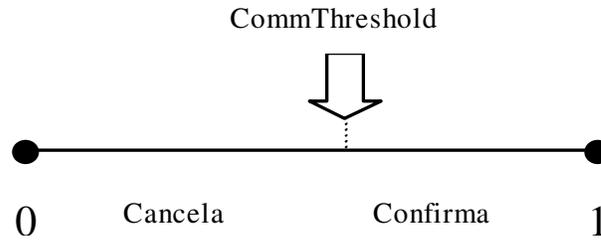


Figura 13. Limiar para confirmação do acordo.

A constante *abandonVenture* serve para determinar o comportamento do agente na decisão, conforme o perfil de risco do negociador. O valor *abandonVenture* define a forma que a avaliação influencia na quantidade mínima de negociações a realizar, através da alteração na curvatura da função.

Visto isso, a quantidade mínima de negociações exigida pelo negociador é determinada através da função *fminNeg* definida como :

$$fminNeg(V_{\Omega}) = \begin{cases} \text{Se } (commThreshold = 0) \vee \left( \frac{V_{\Omega}}{commThresold} > 1 \right), \text{ retorna zero} \\ \text{caso contrário, retorna } totalNeg \left( 1 - \frac{V_{\Omega}}{commThreshold} \right)^{1/abandonVenture} \end{cases}$$

[11]

onde  $V_{\Omega}$  é a avaliação do acordo sob compromisso, *totalNeg* é o número total de negociações da NBS e *abandonVenture* representa o risco do negociador na decisão.

A função se comporta de forma que quando a avaliação do acordo  $V_{\Omega}$ , tende ao limiar  $commThreshold$ , a quantidade mínima de negociações exigidas tende a zero. E quando  $V_{\Omega}$  tende a zero, a quantidade mínima de negociações exigidas tende ao número total de negociações restantes. A Figura 14 ilustra este comportamento.

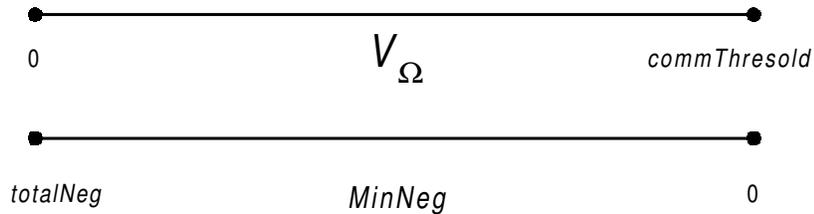
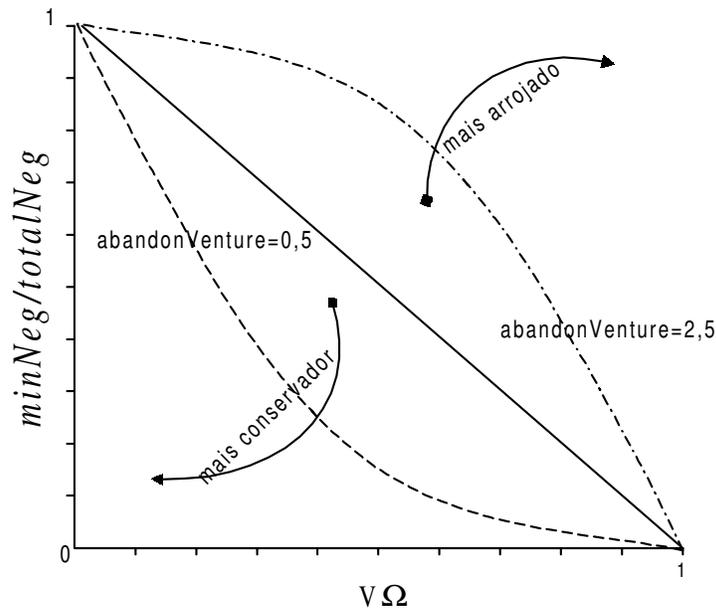


Figura 14. Comportamento da função  $fminNeg$  com base em  $V_{\Omega}$ .

A forma que os resultados já conseguidos influenciam na decisão de confirmar ou abandonar um acordo é arbitrária. É necessário que a função responsável pela decisão possa ser ajustada para permitir a adequação ao perfil do negociador. O perfil do negociador define quanto ele tenta ganhar e de que forma ele se satisfaz com os resultados já conseguidos (ou seja, a forma com que o ganho esperado reduz em função dos acordos conseguidos).

A função  $fminNeg$  representa um número infinito de políticas diante de um acordo que expira, uma para cada valor de  $abandonVenture$ . No entanto, para ficar mais claro o seu comportamento, nós as classificamos, dependendo do valor de  $abandonVenture$ , em dois conjuntos extremos apresentando claramente dois conjuntos distintos de comportamento que são : *arrojado e conservador*. A Figura 14 ilustra estes grupos.

Se o negociador possuir um perfil mais conservador, então o agente se satisfaz mais rapidamente com os resultados conseguidos nas negociações e confirma o acordo. Se possuir um perfil mais arrojado, então o agente demora mais para se satisfazer com os resultados conseguidos nas negociações e abandona acordos com avaliações maiores. Outros grupos também podem ser definidos entre estes dois.



- [1] **Conservador.** Se  $abandonVenture < 1$ , o negociador se satisfaz com a avaliação mais facilmente, exigindo um número menor de negociações a realizar mesmo para avaliações baixas do acordo.
- [2] **Arrojado.** Se  $abandonVenture > 1$ , o negociador exige mais para se satisfazer com a avaliação, demandando um número maior de negociações mesmo para avaliações altas do acordo.

Figura 15. Comportamento da função  $f_{minNeg}$  com base no parâmetro  $abandonVenture$ .

### 5.5.2 Decisão do resultado esperado

Para decidir qual o valor que será oferecido na proposta de barganha, é preciso definir quanto se espera obter como resultado na negociação onde ela será utilizada.

Considerando que o objetivo do negociador é conseguir acordos com resultados melhores (avaliação maior), uma forma de se determinar o valor esperado como resultado para a próxima negociação é definir quanto se pretende ganhar a mais do que o conseguido no acordo sob compromisso. Então, sendo  $\Phi$  o valor da avaliação esperada para a próxima negociação, este valor é calculado a partir de uma taxa de acréscimo  $\lambda \in [0,1]$  como demonstra a expressão a seguir:

$$\Phi = V_{\Omega} \times (1 + \lambda) \quad [12]$$

Onde  $V_{\Omega}$  é a avaliação do melhor acordo conseguido e  $\lambda$  é o ganho esperado.

Uma grande variedade de funções de decisão do valor do ultimato pode ser definida simplesmente variando a forma com que o ganho esperado é calculado. Nós modelamos o ganho esperado através da função *fgain*, dependente da avaliação do melhor acordo conseguido e de dois valores que assumimos como constantes durante a NBS. Estas constantes são: *refGain* e *bluffVenture*.

A constante *refGain*  $\in [0,1]$ , também chamado de *ganho de referência*, representa o acréscimo que o negociador pretende obter sobre a avaliação do melhor acordo conseguido.

O *bargainVenture* representa o risco que o negociador está disposto a correr ao enviar a proposta de barganha (ultimato). O valor *bargainVenture* define a forma que a avaliação influencia no valor a ser oferecido no ultimato.

Visto isso, a função *fgain* que determina o ganho esperado ( $\lambda$ ), é definida como :

$$fgain(V_{\Omega}) = refGain \times (1 - V_{\Omega})^{1/bargainVenture} \quad [13]$$

Onde  $V_{\Omega}$  é a avaliação do melhor acordo conseguido, *bargainVenture* representa o risco do negociador na decisão *fgain* e *refGain* é o ganho de referência .

É importante notar que o valor *refGain* é uma referencia sobre o ganho esperado pelo negociador. É razoável que o negociador diminua sua expectativa de ganho quando já houver conseguido bons resultados na rodada. Se já houver conseguido um acordo que atende completamente sua função de utilidade não irá tentar ganhar mais e não tem motivos para continuar na rodada de negociações. Além disso, quanto maior o resultado obtido, menor a chance de conseguir um resultado melhor. Portanto, o valor do ganho de referência deve ser ajustado conforme a avaliação do melhor acordo sob

compromisso de forma que quanto melhor o resultado obtido, menor o ganho que o agente irá tentar nas próximas negociações.

Para entender melhor o comportamento da função, suponha que em uma NBS cujo item sob negociação é o preço, o comprador está disposto a negociar no intervalo  $[10,20]$ . Após haver conseguido um acordo com o primeiro fornecedor, resolve continuar negociando com os fornecedores restantes. Supondo que a proposta do acordo é avaliada com o escore 0, ou seja, o acordo ocorreu com uma proposta de valor 20, o ganho que o agente irá tentar na negociação seguinte é o próprio  $refGain$ , pois o resultado obtido está no valor de reserva. Ao final desta negociação o comprador consegue um acordo com o preço 10. Como 10 é o melhor valor que ele esperava obter, então sua avaliação deste acordo é 1 e o ganho esperado sobre este resultado é zero, pois o negociador não pretende ganhar nada além de um resultado com avaliação 1. A Figura 15 ilustra este comportamento da função  $fgain$ .

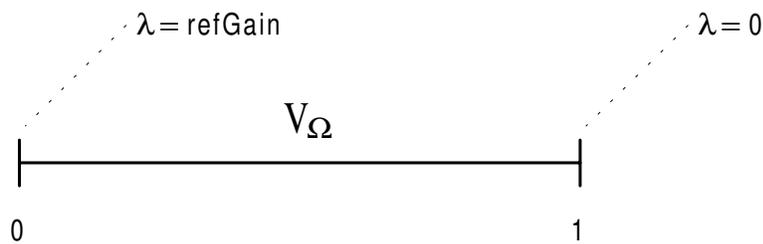


Figura 16. Comportamento do ganho esperado em função de  $V_{\Omega}$ .

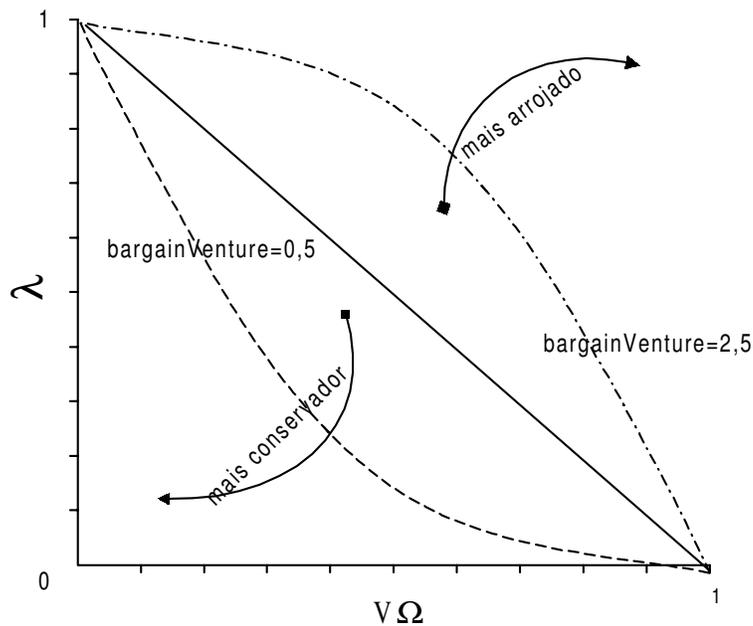
A forma como os resultados já conseguidos influenciam nas tentativas de barganha do negociador é arbitrária. É necessário que a função de decisão (responsável por determinar o valor da proposta de barganha) possa ser ajustada para permitir a adequação ao perfil do negociador. O perfil do negociador define quanto ele tenta ganhar e de que forma ele se satisfaz com os resultados já conseguidos (ou seja, a forma com que o ganho esperado reduz em função dos acordos conseguidos).

A função  $fgain$  representa um número infinito de perfis de risco diante de um acordo que expira, um para cada valor de  $bargainVenture$ . No entanto, para ficar mais claro o seu comportamento, nós as classificamos, dependendo do valor de  $bargainVenture$ , em

dois conjuntos extremos, apresentando, claramente, dois conjuntos distintos de comportamento que são: *arrojado e conservador*.

Se o negociador possuir um perfil mais conservador, então o agente se satisfaz mais rapidamente com os resultados conseguidos nas negociações e tenta um ganho menor nas seguintes. Se possuir um perfil mais arrojado, então o agente demora mais para se satisfazer com os resultados conseguidos nas negociações e assim demora mais a tentar ganhos menores. Outros grupos também podem ser definidos entre estes dois.

A Figura 17 ilustra os grupos arrojado e conservador.



- [1] **Conservador.** Se  $\text{bargainVenture} < 1$ , o negociador se satisfaz com o resultado das negociações mais facilmente,
- [2] **Arrojado.** Se  $\text{bargainVenture} > 1$ , o negociador exige mais para se satisfazer com os resultados conseguidos,

Figura 17. Comportamento da função  $fgain$  com base no parâmetro  $\text{bargainVenture}$ .

## 5.6 Mecanismos do processo interno

Nas próximas seções apresentamos as funções de decisão que compõem o mecanismo responsável pelo processo interno do agente.

### 5.6.1 Interpretação da mensagem recebida.

O mecanismo de interpretação da mensagem recebida é responsável por identificar o tipo de mensagem enviada pelo oponente e por garantir que esteja de acordo com o protocolo. A partir daí a proposta é direcionada para os outros mecanismos de decisão.

### 5.6.2 Interpretação de uma oferta

O mecanismo de interpretação da oferta recebida, depende dos estados do agente na NBS (apresentados no diagrama de estados da seção 5.4.1) e retorna a ação a ser realizada pelo agente como resposta (mensagem a ser enviada).

Sendo  $P_r$  a proposta recebida pelo comprador;  $P_{barganha}$  a proposta de barganha;  $P_{táticas}$  a proposta gerada pelas funções de geração propostas definidas por Faratin;  $V_P$  a avaliação do agente sobre a proposta  $P$ ; e  $\Phi$  o resultado esperado pelo agente para a negociação, a interpretação é definida de duas formas a depender do estado do agente. Se o agente possui um acordo sob compromisso (estado *Barganhando*), então a decisão é feita pelo mecanismo *bargainInterpretOffer* conforme definido a seguir:

$$bargainInterpretOffer(P_r) = \begin{cases} Se \text{ timeToBargain}(\ ) \wedge (V_{P_r} \geq \Phi), aceita(P_r) \\ Se \neg \text{ timeToBargain}(\ ) \vee (V_{P_r} < \Phi), ultimato(P_{barganha}) \\ caso \text{ contrário}, oferta(P_{táticas}) \end{cases}$$

[14]

Se o agente não possui um acordo sob compromisso (estado *Tentando acordo*), utilizamos a mesma função de interpretação definida por Faratin e estendida no modelo RAP[5]. Reapresentamos aqui esta função, utilizando nossa notação:

$$notBargInterpretOffer(P_r) = \begin{cases} Se V_{P_r} \geq V_{P_{táticas}}, aceita(P_r) \\ Se (t \geq tmax) \wedge (V_{P_r} < V_{P_{táticas}}), ultimato(P_{táticas}) \\ caso contrário, oferta(P_{táticas}) \end{cases}$$

[15]

Onde  $t$  representa o momento para envio da proposta e  $tmax$  representa o tempo máximo para o agente concluir a negociação bilateral.

A função  $timeToBargain()$  é responsável pela decisão do momento para o envio da proposta de barganha e será definida na seção 5.6.6.

### 5.6.3 Interpretação de um ultimato

A interpretação de uma proposta de tipo ultimato depende dos estados do agente na NBS apresentados no diagrama de estados da seção 5.4.1. Então, sendo  $P_r$  a proposta recebida pelo comprador;  $V_P$  a avaliação do agente sobre a proposta  $P$ ; e  $\Phi$  o resultado esperado pelo agente para a negociação, a interpretação é definida de duas formas dependendo do estado do agente. Se o agente possui um acordo sob compromisso (estado *Barganhando*), então a decisão é feita pelo mecanismo *bargainInterpretUltimatum* conforme definido a seguir:

$$bargainInterpretUltimatum(P_r) = \begin{cases} Se V_{P_r} \geq 0, aceita(P_r) \\ caso contrário, rejeita(P_r) \end{cases} \quad [16]$$

Se o agente não possui um acordo sob compromisso (estado *Tentado acordo*), utilizamos a mesma função de interpretação do ultimato definida no modelo RAP[5], que apresentamos aqui, utilizando nossa notação:

$$\text{notBargInterpretUltimatum}(P_r) = \begin{cases} \text{Se } V_{P_r} \geq \Phi, \text{ aceita}(P_r) \\ \text{caso contrário, rejeita}(P_r) \end{cases} \quad [17]$$

#### 5.6.4 Geração da proposta de barganha.

Os valores para a proposta de barganha são gerados a partir do resultado esperado, cujo cálculo é definido na seção 5.5.2. Vale lembrar que a proposta de barganha é do tipo *ultimatum* e o que a caracteriza como barganha é o fato de forçar um resultado melhor para o agente. Para tentar ganhar mais através da proposta de barganha, o negociador dar o ultimato com o valor calculado em função do ganho esperado. Por exemplo, se o ganho esperado for 0, a proposta de barganha será gerada com o mesmo valor da proposta aceita no melhor acordo sob compromisso. Se for 10%, o valor será o valor do acordo sob compromisso acrescido de 10%.

Considerando que estamos tratando negociações *single-issue*, para se obter o valor da proposta basta aplicar a equação da função de avaliação do agente. A função de avaliação  $v: \mathbb{R} \rightarrow [-\infty, 1]$  que utilizamos é definida como:

$$v(x) = \begin{cases} \text{Se } \min \leq x \leq \max, \left[ \frac{(\max-x)}{(\max-\min)} \right]^{1/\hat{\alpha}} \\ \text{Se } x > \max, -\infty \\ \text{Se } x < \min, 1 \end{cases} \quad [18]$$

onde  $x \in [\min, \max]$  é o valor a ser proposto e  $\beta$  é uma constante que representa a curvatura da função.

Então, o cálculo do valor  $x$  a ser proposto é feito com base na função  $v(x)$ . Considerando a função de avaliação definida acima, o valor a propor é:

$$x = max - \left( \Phi^\beta \times (max - min) \right) \quad [19]$$

Onde  $\Phi \in [0,1]$  é o resultado esperado.

### 5.6.5 Geração da proposta segundo tática.

Para gerar as propostas e contra-propostas utilizamos as funções definidas por Faratin, explicadas na seção 3.2. Outras funções podem ser desenvolvidas com o mesmo objetivo. A idéia principal é como determinar os valores para os itens sob negociação buscando alcançar um acordo que maximize a função de avaliação do agente.

### 5.6.6 Decisão do momento para a proposta de barganha.

O momento para envio da proposta de barganha é o momento que a avaliação da proposta de estratégia gerada é igual ou inferior ao resultado esperado para a negociação. Como o agente cede durante a negociação, gerando ofertas com avaliação cada vez menor para ele, o momento que gera a primeira proposta com valor inferior ao resultado esperado, é o momento para encerrar a negociação e tentar o acordo com a proposta de barganha. Outra condição para o envio, é o alcance do tempo limite para a negociação. Sendo  $P_{táticas}$  a proposta gerada pelas funções de geração propostas definidas por Faratin;  $V_{P_{táticas}}$  a avaliação do agente para esta proposta gerada; e  $\Phi$  o resultado esperado pelo agente para a negociação, a função de decisão que nós desenvolvemos é definida como:

$$timeToBargain(t) = \begin{cases} (V_{P_{táticas}} \leq \Phi) \vee (t \geq tmax), & \text{verdadeiro} \\ \text{caso contrário,} & \text{falso} \end{cases} \quad [20]$$

Onde  $t$  representa o momento para envio da proposta e  $tmax$  o tempo máximo para o agente concluir a negociação bilateral.

# Capítulo 6

## Implementação

A implementação do agente foi feita em Java 1.2, utilizando o paradigma de análise, projeto e programação orientada a objeto [2,31]. Neste capítulo apresentamos alguns diagramas que dão uma visão de como o agente foi implementado.

### 6.1 Casos de uso (*Use-cases*)

A implementação parte de duas funcionalidades principais que são a participação do agente em uma NBS e a execução do experimento. Estas funcionalidades são representadas pelo diagrama de casos de uso apresentado na Figura 18. No diagrama, o ator Dealer representa o usuário que deseja realizar uma negociação bilateral sequencial. O usuário define o comportamento desejado para o agente, seleciona os oponentes com quem deseja negociar e solicita o início da negociação (*Deal*). O caso de uso *Deal* é composto dos casos de uso referentes a participação em uma negociação bilateral (*Negotiate*), a decisão de abandonar ou confirmar um acordo que está expirando e a negociação realizada com o objetivo de enviar a proposta de barganha (*Bluff negotiate*). A negociação com barganha inclui a decisão do ganho esperado e a ação da barganha que por sua vez é formada pelo cálculo da avaliação esperada para cada item sob negociação (que no nosso modelo está restrito a um item), a criação da proposta e o envio do ultimato.

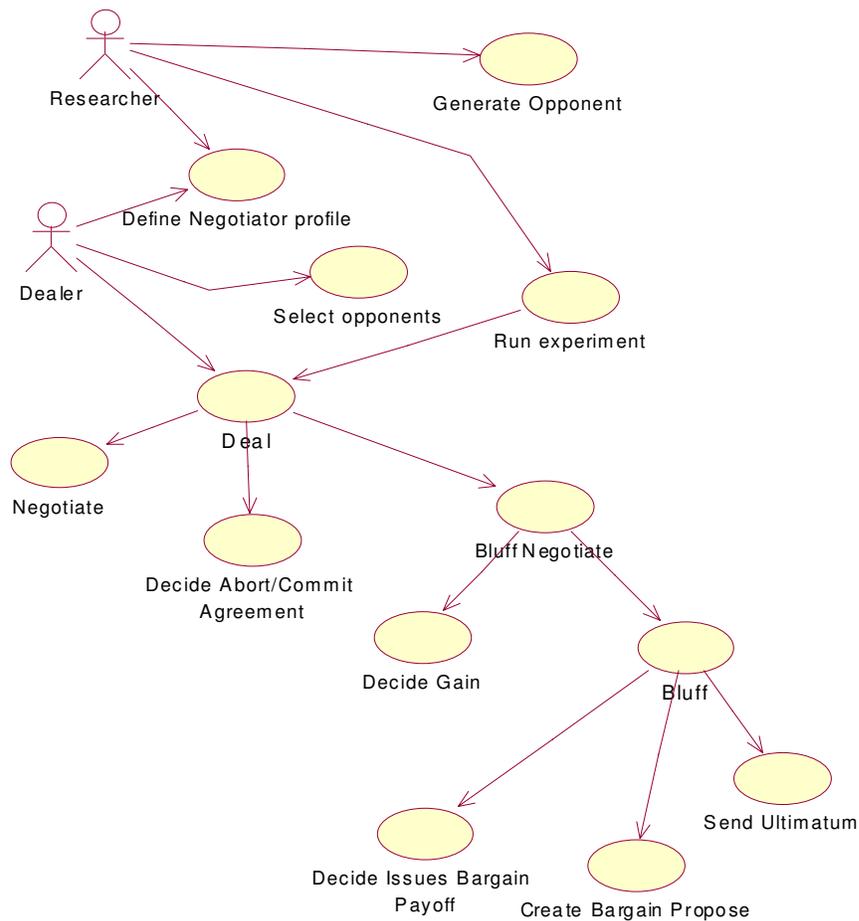


Figura 18. Casos de uso.

A outra funcionalidade diz respeito à realização do experimento. O caso de uso central desta funcionalidade é o *Run Experiment*. O ator *Researcher* representa o usuário realizador do experimento. Os casos de uso são: a definição dos agentes compradores e dos oponentes que farão parte do experimento, e a execução propriamente.

## 6.2 Classes

As principais classes que compõem a implementação são (ver diagrama na Figura 19):

- **Service** – Representa o serviço ou produto sendo negociado.
- **Time** – Implementar o tempo global utilizado pelos agentes negociadores.

- **Agent** – Responsável por realizar a negociação bilateral seqüencial e é uma composição das outras classes do digrama exceto a classe *Ttime*.
- **Deal** - Responsável pelos dados relativos as NBS.
- **Negotiation** – Responsável por realizar uma negociação bilateral implementando o negociador e também implementa a interface *Time* e de avaliação das propostas.
- **Agreement** – Possui os valores do acordo.
- **Issue Choice** – Contém as opções do usuário para cada item sob negociação (Peso, Min, Max)
- **Strategy** – É responsável por aplicar as táticas de geração de proposta.
- **Strategy Issue** – Contém os pesos normalizados de cada item sob negociação.
- **Issue Tatic** – Contém os pesos para cada tática do item.
- **Tatic** – Responsável por gerar o valor da tática para um item.
- **Negotiation Sequence** - Representa a seqüência de propostas recebidas e oferecidas durante um processo de negociação (negotiation thread segundo Faratin).
- **Proposal** – Contem os dados de cada proposta da (própria ou do oponente).
- **Proposal Value** – Possui o valor da proposta para um item sob negociação.

Nas seções 6.4 e 6.5 serão aprofundadas as principais classes.



### 6.3.3 ProposalEvaluation

Interface que representa um avaliador de propostas. Essa interface é responsável por duas tarefas:

- Validação - Verificar se os itens (issues) da proposta estão de acordo com o serviço.
- Avaliação - Aplica a função de avaliação para cada issue e compor esses resultados na função de avaliação global. Atualmente essa função de composição é linear e segue o modelo apenas sendo definida como o acúmulo dos resultados da função de avaliação multiplicado pelo peso de cada issue.

### 6.3.4 Time e Ttime

Definição de tempo para o modelo. Essas interfaces definem os instantes de tempo para uma negociação bilateral e o tempo global para a NBS.

Note que tempo aqui não representa tempo real (contínuo), mas um tempo discreto implementado pela classe *Negotiation* e *Time*. Um instante de tempo é representado por cada proposta enviada ou recebida.

A razão para a existência de duas interfaces para tempo foi devido à decisão de manter a implementação de tempo definido para negociações bilaterais simples independente da implementação para NBS.

### 6.4 Principais Atributos

Nesta seção listamos alguns atributos que consideramos mais significativos para dar uma visão da implementação. Estes atributos são apresentados na Figura 20.

## 6.5 Principais Métodos

Nesta seção descrevemos a implementação do comportamento das principais classes do modelo que são a classe *agent* e *negotiation*. Começando pela classe *Agent*, os principais métodos são:

- ***addOpponent()*** – Inclui um oponente na lista de oponentes para negociar;
- ***newNegotiator()*** – Cria um negociador (implementado pela classe *negotiation*) para que realize um negociação bilateral, isto significa que para cada negociação é instanciado um negociador;
- ***negotiateWith()*** – Inicia um processo de negociação bilateral com o oponente recebido como parâmetro;
- ***bluffNegotiateWith()*** – Inicia um processo de negociação bilateral com o oponente recebido como parâmetro, quando no estado *bargaining* (ver diagrama de estados do apêndice A.1);
- ***negotiationProcess()*** – Executa um processo de troca de propostas entre os dois agentes da negociação bilateral (em uma negociação na internet a troca de mensagens não seria responsabilidade de um único agente, mas parte de um processo assíncrono do ponto de vista do envio e recebimento de mensagens);
- ***bluffNegotiationProcess()*** – Equivalente ao *negotiationProcess()*, porém para quando no estado *bargaining* (ver diagrama de estados do apêndice A.1);
- ***deal()*** – Executa um processo de NBS;
- ***tryPledge()*** – Executa negociações bilaterais até conseguir um acordo;
- ***savePledge()*** – Grava os dados sobre a negociação cujo acordo está sob compromisso;
- ***bargain()*** – Executa negociações bilaterais com o objetivo de barganhar até confirmar um acordo ou voltar para o estado *tryingPledge* (ver diagrama de estados do apêndice A.1);
- ***decideGain()*** – Decide o ganho esperado sobre o resultado do acordo sob compromisso;

- ***isBestPledgeExpiring()*** – Verifica se o acordo sob compromisso está prestes a expirar (considera um prazo para troca de propostas de confirmação);
- ***getTotalRemainingNeg( )*** – Obtém o número de negociações restantes da NBS (da lista de oponentes);
- ***decideToConfirmTransaction()*** – Decide entre confirmar ou não um negociação cujo prazo de compromisso está expirando.

Antes do início da NBS é feita a definição do serviço, a inclusão de referências para os agentes oponentes e a criação de uma instância da classe *deal* com as opções para a NBS. O método responsável por iniciar o processo da NBS é o *agent.deal( )*. O comportamento deste método é demonstrado pelo diagrama de seqüência da figura do apêndice A.2. Os principais métodos chamados pelo método *deal()* são: *tryPledge()*, *saveBestPledge()*, *bargain()* e *confirmTransaction()*<sup>3</sup>. O diagrama de atividades do método *deal()* é mostrado no apêndice A.3. O método *tryPledge()* chama o método *negotiateWith()* que instancia um negociador para uma negociação bilateral e implementa a troca de propostas com o oponente recebido como parâmetro. Ao ocorrer um acordo são chamados os métodos *savePledge()* e *bargain()* que por sua vez chama o método *bluffNegotiateWith()* que realiza um processo similar ao *negotiateWith()*, porém tratando as decisões relativas a barganha. Se ao sair do processo *bargain()* existir acordo não confirmado e não existir mais oponentes para negociar, então é executado o método *confirmTransaction()*. Os comportamentos dos métodos *bargain()* e *tryPledge()* são mostrados nos diagramas de atividade dos apêndices A.4 e A.5. O apêndice A.6 apresenta o diagrama de estados do processo de barganha.

Na classe *negotiation*, os principais métodos são:

- ***receiveProposal()*** – Recebe a proposta e retorna um contra-proposta;
- ***interpretProposal()*** – Identifica o tipo da proposta (aceita; rejeita; ultimato etc.) e passa para o método específico para cada uma delas;
- ***interpretOffer()*** – Interpreta uma oferta de valores para decidir entre aceitar, desistir ou enviar um contra-proposta;

---

<sup>3</sup> O Método *confirmTransaction* é representado pela atividade *confirmPendingPledge* no diagrama do apêndice A.3.

- *bargainInterpretOffer()* – Interpreta uma oferta de valores quando em estado *barganhando*;
- *interpretConfirmTransaction()* – Interpreta uma confirmação de acordo e retorna uma proposta de certificação ou de rejeição (só para agentes fornecedores);
- *interpretUltimatum()* – Interpreta um oferta do tipo ultimato e retorna aceita ou rejeita;
- *evaluate()* – Avalia um proposta recebida ou gerada;
- *timeToBluff()* – Decide se é um momento para enviar a proposta de barganha.

O método *receiveProposal()* é chamado pelos métodos da classe *agent* responsáveis pelo processo de negociação e retorna uma contraproposta. A proposta recebida é interpretada pelo método () que identifica o seu tipo e passa como parâmetro para os métodos mais específicos de interpretação, responsáveis por gerar a contra-proposta. O comportamento do método *interpretProposal()* é mostrado no diagrama de estados do apêndice A.7. As decisões da proposta a ser gerada dependem do estado do agente. Se ele estiver no estado de barganha então a interpretação de uma oferta de valores é feita pelo método *bargainInterpretOffer()*. Este método trata as decisões relativas ao processo de barganha como: a verificação se é o instante para o envio da proposta de barganha; a geração da proposta de barganha; e a comparação da proposta recebida e da proposta gerada para decidir se aceita ou se envia a contra-proposta. A avaliação das propostas é feita pelo método *evaluate()* conforme especificado na interface *scoreFunctionEvaluation()*.

Os outros métodos das classes *agent* e *negotiation* são apresentados no apêndice A.8.

# Capítulo 7

## Avaliação Experimental do Agente

O agente foi implementado com base no modelo apresentado e nas funções de geração de propostas do modelo de Faratin. Com o objetivo de avaliar o comportamento do agente em diferentes cenários e o mecanismo de definição de diferentes comportamentos conforme o desejo do usuário, foi realizado um experimento no qual os agentes com diferentes configurações participam de várias negociações do tipo NBS, nas quais negociam o preço de um produto. Para tornar o ambiente de experimento mais intuitivo chamamos cada processo NBS realizado pelo agente de *shopping tour* ou rodada de compra. É como se o agente fosse enviado para realizar uma compra em um *E-mall* e negociasse com vários fornecedores, na tentativa de realizar a transação com o melhor resultado que conseguir. No experimento, o agente realiza várias rodadas, em vários cenários. Para avaliar a capacidade de ajuste do agente conforme o comportamento esperado pelo usuário, foram definidos alguns 5 perfis de agente *emallbargainer*. Neste capítulo apresentamos o objetivo do experimento, o método utilizado, as hipóteses e os resultados.

### 7.1 Objetivo

A idéia do experimento é, principalmente, avaliar a capacidade de ajuste do agente para que assuma comportamentos de acordo com o perfil especificado pelo usuário. Pretende-se também, comparar os resultados dos diferentes perfis nos diferentes cenários e talvez descobrir nuances não consideradas a priori.

### 7.2 Método

O que será analisado no experimento são as diferenças entre os resultados dos agentes de diferentes perfis quando realizando rodadas de compras em diversos cenários. Para

isso, cada agente de um determinado perfil deve participar de uma NBS em cenários que possuam características que favoreçam ou não o uso da proposta de barganha e da insistência em acordos melhores.

### 7.2.1 Perfis do agente

Os perfis para o agente *EmallBargainer* são baseados nos parâmetros definidos no modelo apresentado no cap. 5 para as funções de decisão *Fabandon* e *Fgain* (funções sobre quanto tentar ganhar e sobre abandonar um acordo para tentar outros). Os perfis determinam o risco ao qual o negociador se expõe na tentativa de obter resultados melhores. Estes perfis são identificados através de um termo que representa sua postura de negociador quanto ao risco e pode ser:

- a. *NotBluffer* – Negociadores que não se arriscam tentando ganhos maiores. Negociadores deste perfil nunca se arriscam a perder um acordo para tentar resultados melhores e nunca enviam uma proposta de barganha tentando forçar um acordo de valor melhor em seu benefício.
- b. *Conservative* – Negociadores que adotam uma política de risco conservadora. Negociadores deste perfil se arriscam muito pouco ao abandonar acordos (só abandonam acordos se existirem muitos fornecedores restantes para negociar e a avaliação for muito baixa) e ao tentar forçar acordos melhores através da proposta de barganha (tentam ganhar pouco sobre o resultado anterior mesmo se este tiver uma avaliação baixa).
- c. *Moderate* - Negociadores que adotam uma política de risco moderada. Negociadores deste perfil se arriscam moderadamente ao abandonar acordos e ao tentar forçar acordos melhores através da proposta de barganha.
- d. *Bold* - Negociadores que adotam uma política de risco arrojada. Negociadores deste perfil se arriscam bastante ao abandonar acordos e ao tentar forçar acordos melhores através da proposta de barganha.
- e. *Agressive* - Negociadores que adotam uma política de risco agressiva. Negociadores deste perfil se arriscam extremamente ao abandonar acordos (abandonam acordos mesmo com resultados muito bons e com poucos fornecedores restantes) e ao tentar forçar acordos melhores através da proposta

de barganha (tentam ganhar muito sobre o resultado anterior mesmo quando este tiver um resultado muito bom).

Os respectivos valores foram atribuídos para os parâmetros das funções  $f_{gain}$  e  $f_{abandon}$  (ver seções 5.5.1 e 5.5.2):

Perfil	$refGain$	$bargainVenture$	$CommThreshold$	$abandonVenture$
NotBluffer	0	0	0	0
Conservative	0,2	0,5	0,2	0,5
Moderate	0,5	1	0,5	1
Bold	0,8	2	0,8	2
Aggressive	1	5	1	5

### 7.2.2 Ordem dos fornecedores segundo intervalo de acordo

O fator que consideramos mais importante para favorecer ou não o uso dessas políticas é o grau de interseção entre os intervalos de negociação do comprador e do vendedor. Para determinar este grau de interseção definimos uma variável  $\phi \in [0,1]$ . O intervalo de negociação do comprador é dado por  $[min_c, max_c]$ , onde  $max_c = min_c + \check{c}$ . O intervalo de negociação do fornecedor é calculado a partir do intervalo do comprador e do grau de interseção  $\phi$ , da seguinte forma:

$$\begin{cases} min_s = min_c + \check{c}\phi \\ max_s = min_s + \delta \end{cases} \quad [21]$$

Para o experimento, fixamos o tamanho do intervalo em 10 ( $\delta = 10$ ). O corpus de negociadores fornecedores é criado com seis graus de interseção  $\phi$  : 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1. Como  $\phi$  representa um percentual de  $\check{c}$ , então,  $\phi = 0$  é a interseção máxima. Sendo assim, estes valores atribuídos a  $\phi$ , determinam os intervalos de negociação: [10,20]; [12,22]; [14,24]; [16,26]; [18,28] e [20,30], identificados respectivamente pelos números: 0; 1; 2; 3; 4; 5. Portanto os valores maiores, a priori, representam uma maior dificuldade para alcançar um acordo.

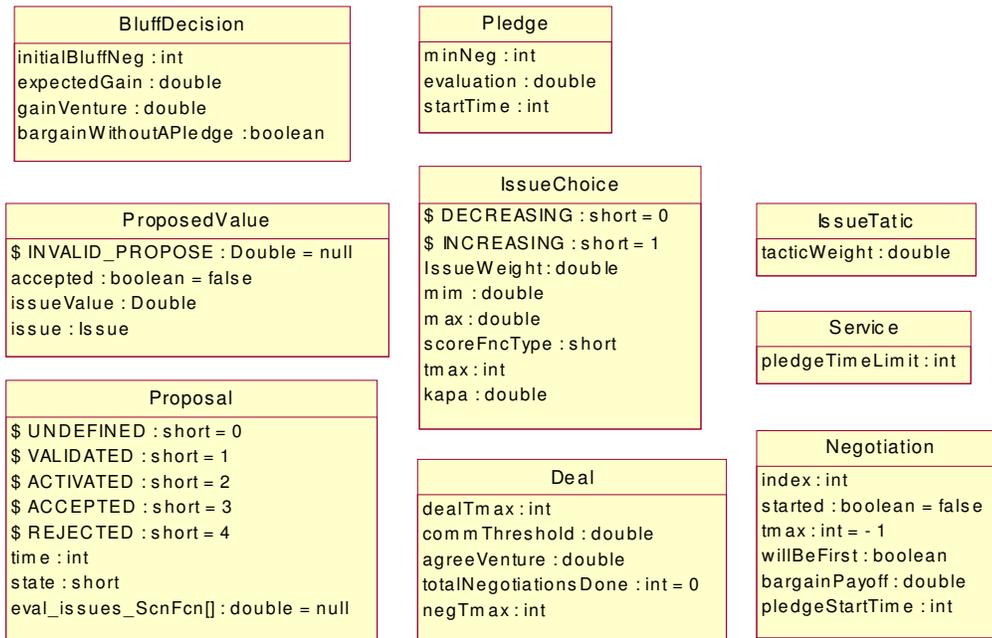


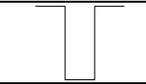
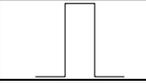
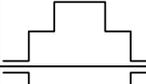
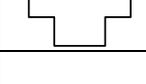
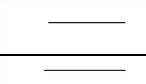
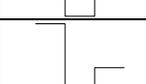
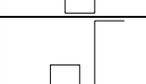
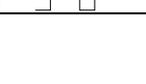
Figura 20. Principais atributos.

Na classe *deal* os principais atributos são o tempo limite para o agente concluir a NBS, o *commitThreshold* e o *agreeVenture*<sup>2</sup> (ver seção 5.5.1) . Na classe *bluffDecision* os principais atributos são o *expectedGain* e o *gainVenture* responsáveis pelo ganho esperado pelo usuário sobre o resultado anterior e pelo parâmetro *gainVenture* da função *fgain* (ver seção 5.5.2). Na classe *pledge* temos a avaliação do acordo sob compromisso e o instante de início do prazo para confirmação. Na classe *service* temos o prazo exigido pelo fornecedor para a confirmação. Na classe *issueChoice* temos o peso que representa a importância do item para o usuário, os valores mínimo e máximo que o usuário está disposto a aceitar, a constante que determina o valor da proposta inicial e o tipo de função de avaliação para o item. No *issueTatic* temos o peso da tática para a geração do valor para o item. Na classe *negotiation* temos a avaliação (calculada) do resultado esperado para a negociação bilateral. Na classe *proposal* temos o tipo da proposta (se é um aceita, rejeita, etc.) e o instante de tempo que ela representa na negociação bilateral. E no *proposalValue* temos o valor da proposta para um item e se ele foi aceito.

<sup>2</sup> Representa o *abandonVenture* da função *fabandon*.

As rodadas de compra são criadas a partir de diferentes ordenações de fornecedores com estes intervalos do corpus. A ordenação dos fornecedores (graus de interseção) com quem o comprador irá negociar pode tornar a rodada mais favorável ou não para o comprador.

Para que os agentes negociem em rodadas mais favoráveis ou não, elas foram criadas a partir de permutações dos intervalos de acordo definidos. A Tabela 2 apresenta as rodadas criadas. Nesta tabela, os gráficos da última coluna ilustram o grau de dificuldade das negociações (quanto menor a interseção, mais difícil).

Rodadas	Intervalos						Dificuldade para acordo
Tour1	0	1	2	3	4	5	
Tour2	5	4	3	2	1	0	
Tour3	5	5	0	0	5	5	
Tour4	0	0	5	5	0	0	
Tour5	1	2	3	3	2	1	
Tour6	4	3	2	2	3	4	
Tour7	1	1	1	1	1	1	
Tour8	2	2	2	2	2	2	
Tour9	3	3	3	3	3	3	
Tour10	4	4	4	4	4	4	
Tour11	2	2	2	2	5	5	
Tour12	5	5	5	5	2	2	
Tour13	2	2	0	0	5	5	
Tour14	5	5	0	0	2	2	
Tour15	0	2	2	0	5	5	

Tour16	0	5	5	0	2	2	
Tour17	2	5	2	5	2	5	
Tour18	5	2	5	2	5	2	

Tabela 2. Rodadas por ordem do grau de interseção.

### 7.2.3 Ambientes de mercado

As outras características dos cenários são definidas através de opções dos fornecedores, que são a duração que eles impõem para o prazo de compromisso e a forma com que cedem na direção de um acordo. Estas dimensões do cenário são mais intuitivas para os usuários e foram utilizadas nas hipóteses que serão apresentadas na seção 7.3.

O tempo máximo para a realização de uma negociação bilateral foi fixado em 16 trocas de propostas. Em função disso, definimos três prazos de compromisso: *long*, *medium* e *short*, com duração de 100, 20 e 5 trocas de propostas respectivamente. A finalidade é criar diferentes condições para a comparação dos resultados. Supondo que serão realmente necessárias 16 trocas de propostas para efetuar um acordo, isto significa que: com compromisso de prazo curto, o agente não consegue comparar nem mesmo o resultado de duas negociações consecutivas; com compromisso de prazo médio, o agente consegue comparar o resultado da próxima negociação; e com compromisso de prazo longo, consegue comparar os resultados de todas as negociações da rodada ( $16 \times 6 = 96 < 100$ ). Vale lembrar que, se a negociação se concluir antes do tempo máximo de 16 trocas de propostas, ele pode conseguir mais negociações dentro do prazo de um compromisso.

Para a forma com que os fornecedores cedem, são utilizadas as táticas de geração de proposta dependente do tempo e imitativa, cada uma com peso de 50%, sendo que, o que determina a diferença entre os cenários neste aspecto, é a tática dependente de tempo, que pode ser *Conceder*, *Linear* ou *Boulware*. Para estes perfis utilizamos respectivamente os valores  $\beta=40$ ;  $\beta=1$ ; e  $\beta=0,01$  (ver seção 3.2.1). Estes valores foram escolhidas com base no experimento realizado por Faratin para validar seu trabalho[7].

As duas variáveis (prazo de compromisso e perfil do fornecedor) são combinadas para criar cenários que representam ambientes de mercado formados por fornecedores de determinado tipo. Os ambientes de mercado são identificados através da junção de dois termos. O primeiro representa a duração do prazo de compromisso e pode ser:

- a. *Short* - Compromissos com prazo curto.
- b. *Medium* - Compromissos com prazo médio.
- c. *Long* - Compromissos com prazo longo.

O segundo termo representa o tipo dos fornecedores quanto à forma com que cedem na direção de um acordo e pode ser:

- a. *Conceder* – Fornecedores conciliadores (que cedem rapidamente).
- b. *Linear* - Fornecedores que cedem moderadamente (linearmente).
- c. *Boulware* - Fornecedores que cedem lentamente (amarrados).

Portanto, existem nove ambientes de mercado (3 prazos de compromisso X 3 formas de ceder).

#### **7.2.4 Execução**

A realização do experimento se faz através da participação de cada agente comprador (agentes de cada perfil) em 18 rodadas diferentes quanto à distribuição dos graus de interseção dos intervalos de negociação (ver Tabela 2). Estas rodadas se repetem para cada um dos 9 ambientes de mercado (todos os fornecedores de uma rodada, adotam o mesmo prazo de compromisso e a mesma forma de ceder). Então, cada perfil do agente participa de 162 rodadas (18 rodadas X 9 mercados), totalizando 810 rodadas no experimento (5 perfis X 162 cenários).

O exemplos a seguir mostram registros (*log*) do experimento em rodadas do agente arrojado no cenário *Short&Conceder* e no cenário *Long&Boulware*. O número da proposta na seqüência (tempo) é apresentado entre parênteses. Os valores das propostas estão entre colchetes, representados com duas casas decimais. As propostas de números pares são do agente comprador e as de números ímpares dos fornecedores. Os literais: OFER, AGRE, REJT, CONF e ACK, representam respectivamente as mensagens do tipo:

*proposta, aceita, rejeita, confirma acordo e certifica confirmação* (ver seção 5.3). O literal *TryingAgreement* indica que o agente encontra-se no estado “Tentando acordo” e *Bargaining* indica que ele se encontra no estado de barganha (ver seção 5.4.1). O literal *pledgeExpiring* indica que o prazo da negociação está expirando. *AbandoningAgree* indica que o agente decidiu abandonar o acordo e *preparingToConfirm* indica que ele resolveu confirmar o acordo.

```

TryingAgreement
Neg1: (00):OFER[10,00] (01):OFER[18,49] (02):OFER[11,25] (03):OFER[18,30] (04):OFER[12,50] (05):OFER[18,21]
(06):OFER[13,75] (07):OFER[18,15] (08):OFER[15,00] (09):OFER[18,05] (10):OFER[16,25] (11):OFER[18,03]
(12):OFER[17,50] (13):OFER[18,02] (14):AGRE[18,02]

SavingAgreement; Bargaining
Neg2: (00):OFER[10,00] Neg1PledgeExpiring AbandoningAgree (01):OFER[16,49] (02):OFER[11,25] (03):OFER[16,30]
(04):OFER[12,50] (05):OFER[16,21] (06):OFER[13,75] (07):OFER[16,15] (08):OFER[15,00] (09):OFER[16,05]
(10):AGRE[16,05]

SavingAgreement; Bargaining
Neg3: (00):OFER[10,00] Neg2PledgeExpiring AbandoningAgree (01):OFER[14,49] (02):OFER[11,25] (03):OFER[14,30]
(04):OFER[12,50] (05):OFER[14,21] (06):OFER[13,75] (07):OFER[14,15] (08):AGRE[14,15]

SavingAgreement; Bargaining
Neg4: (00):OFER[10,00] Neg3PledgeExpiring PreparingToConfirm (01):OFER[14,49] (02):REJT[14,49]
Neg3: (09):CONF[14,15] (10):ACK[14,15]

```

Figura 21. Resultado da rodada *Tour6* do agente arrojado no cenário *Short&Conceder*.

```

TryingAgreement
Neg1: (00):ON[10,00] (01):ON[19,00] (02):ON[11,25] (03):ON[19,00] (04):ON[12,50] (05):ON[18,99] (06):ON[13,75]
(07):ON[18,99] (08):ON[15,00] (09):ON[18,03] (10):ON[16,25] (11):ON[17,68] (12):ON[17,50] (13):ON[17,59]
(14):AGRE[17,59]

SavingAgreement; Bargaining
Neg2: (00):ON[10,00] (01):ON[23,00] (02):ON[11,25] (03):ON[23,00] (04):ON[12,50] (05):ON[22,99] (06):ON[13,75]
(07):ON[22,99] (08):ON[15,00] (09):ON[21,83] (10):ULTI[16,21] (11):AGRE[16,21]

SavingAgreement; Bargaining
Neg3: (00):ON[10,00] (01):ON[23,00] (02):ON[11,25] (03):ON[23,00] (04):ON[12,50] (05):ON[22,99] (06):ON[13,75]
(07):ON[22,99] (08):ON[15,00] (09):ON[21,83] (10):ULTI[15,03] (11):AGRE[15,03]

SavingAgreement; Bargaining

```

```

Neg4: (00):ON[10,00] (01):ON[19,00] (02):ON[11,25] (03):ON[19,00] (04):ON[12,50] (05):ON[18,99] (06):ON[13,75]
(07):ON[18,99] (08):ULTI[13,78] (09):AGRE[13,78]

SavingAgreement; Bargaining

Neg5: (00):ON[10,00] (01):ON[29,00] (02):ON[11,25] (03):ON[29,00] (04):ON[12,50] (05):ON[28,99] (06):ULTI[12,60]
(07):REJT[12,60]

Neg6: (00):ON[10,00] (01):ON[29,00] (02):ON[11,25] (03):ON[29,00] (04):ON[12,50] (05):ON[28,99] (06):ULTI[12,60]
(07):REJT[12,60]

Neg4: (10):CONF[13,78] (11):ACK[13,78]

```

Figura 22. Resultado da rodada *Tour15* do agente arrojado no cenário *Long&Boulware*.

### 7.3 Hipóteses

Entrevistamos algumas pessoas, com a finalidade de levantar hipóteses sobre o resultado dos agentes que não arriscam comparados com os que arriscam, e sobre quais os perfis mais adequados para cada dimensão do ambiente de mercado (prazo compromisso e perfil dos oponentes). A idéia era de apenas levantar hipóteses. Por isso, o número de entrevistas foi reduzido e não houve preocupação com as características dos entrevistados. As hipóteses levantadas foram:

#### **Hipótese 0 : Quanto a arriscar ou não**

Os agentes que nunca arriscam, no geral, devem obter resultado inferior aos que arriscam.

#### **Hipótese 1 : Quanto aos prazos de compromisso**

Os prazos de compromisso maiores seriam mais favoráveis para os agentes de maior risco; se o prazo do compromisso for longo é melhor ser mais arrojado, já que não se perde o acordo anterior; se for curto é melhor ser mais conservador.

#### **Hipótese 2 : Quanto ao perfil dos fornecedores**

Contra fornecedores conciliadores seria mais fácil obter bons resultados. Portanto o comprador poderia ser mais arrojado. Já contra fornecedores amarrados, seria difícil conseguir bons resultados, portanto, seria melhor ser mais conservador.

## 7.4 Resultados e discussão

Os resultados são registrados em forma da utilidade final do agente na rodada, ou seja, a avaliação que faz do acordo confirmado. Os resultados foram tabulados por rodada e então foi calculada a média por tipo de rodada e por ambiente de mercado.

Nas próximas seções analisamos os resultados a partir das hipóteses.

### 7.4.1 Arriscar ou não

O gráfico da Figura 23 apresenta a média dos resultados por tipo de rodada.

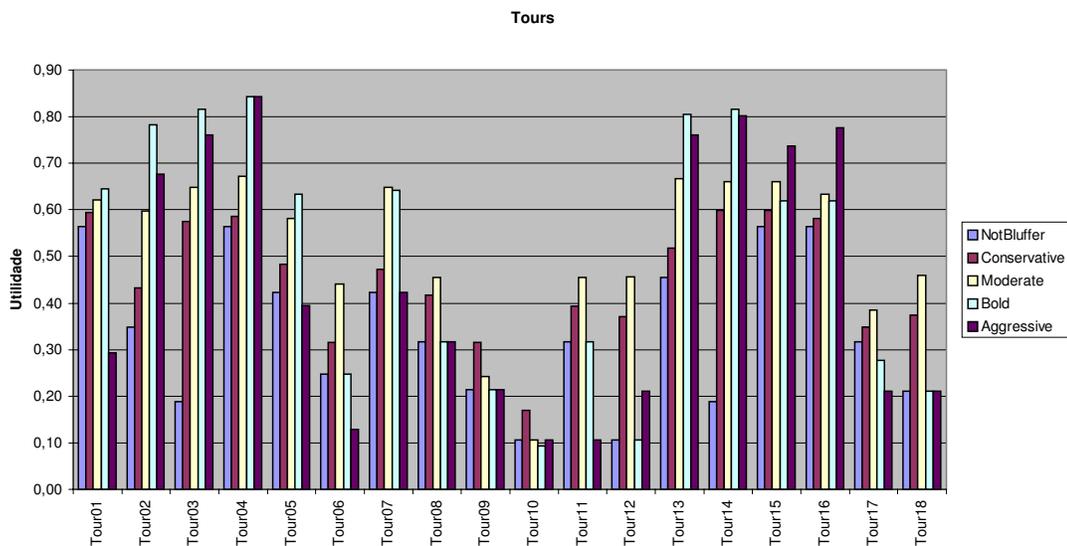


Figura 23. Resultados por rodada.

Nossa primeira observação sobre os resultados, com base neste gráfico, foi sobre os agentes que arriscam comparados aos que nunca arriscam (*notBluffer*). Os agentes conservadores obtiveram resultados superiores aos dos agentes que não arriscam, em todas as rodadas, e os agentes moderados, em todas exceto no *tour10* (onde há empate). Estes resultados sugerem que forçar um acordo através da proposta de barganha é uma forma eficiente de conseguir ganhar mais. Isto também pode ser observado no gráfico da Figura 24 que apresenta a média dos resultados por ambiente de mercado.

Comparados aos agentes arrojados e agressivos, os agentes do tipo *notbluffer* obtiveram resultados superiores em algumas rodadas e inferiores em outras. Porém, no geral eles

ainda perdem para os outros, como mostra o gráfico da Figura 25 que apresenta a média geral dos resultados.

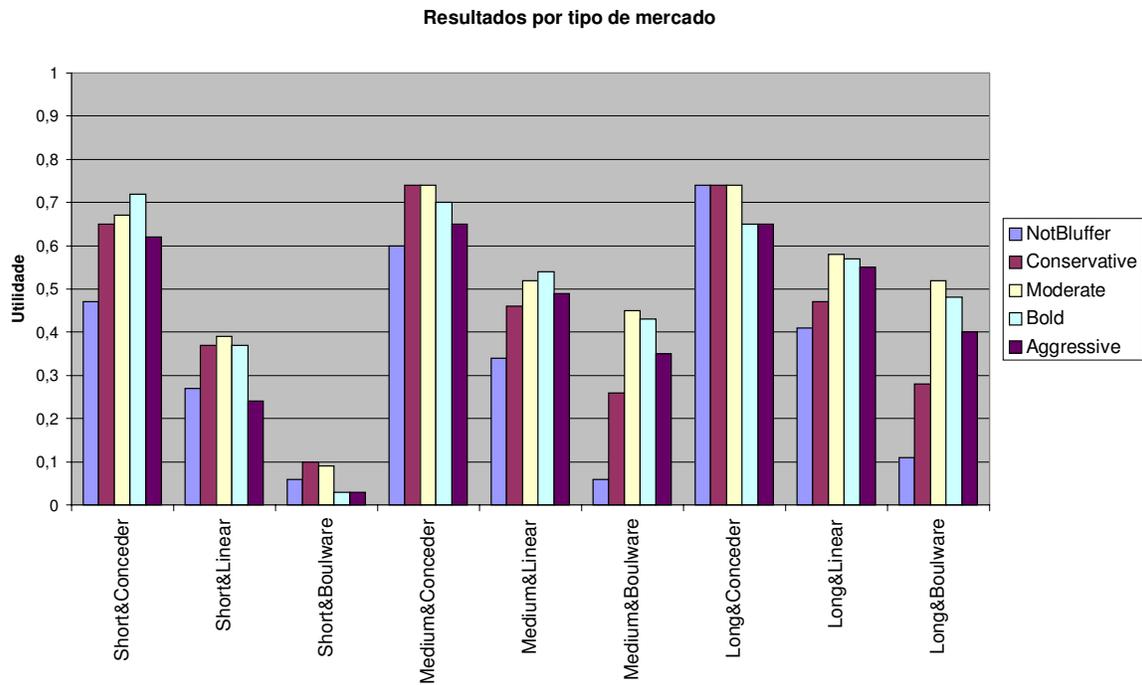


Figura 24. Resultados por ambiente de mercado.

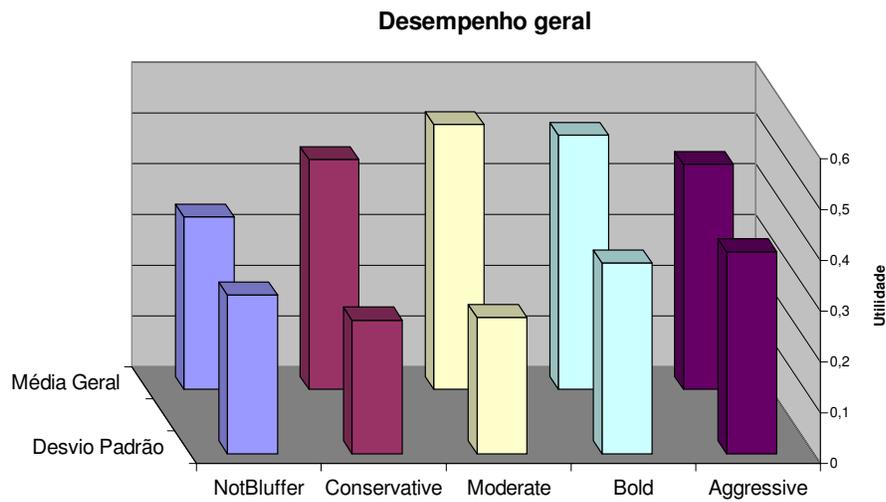


Figura 25. Média geral dos resultados.

Os resultados discutidos confirmam a hipótese 0. Nas duas próximas seções, apresentamos os resultados sobre as questões levantadas nas hipóteses 1 e 2.

### 7.4.2 Resultados segundo os prazos de compromissos

Ainda através do gráfico da Figura 24, podemos notar que os cenários mais favoráveis para agentes compradores de todos os perfis são os de prazos maiores. Porém, analisando os resultados por perfis, observamos que em um ambiente de fornecedores *conceder* (primeiro, quarto e sétimo ambientes), o prazo longo é menos favorável para os agentes que arriscam mais. Já nos ambientes de fornecedores *linear* (segundo, quinto e oitavo ambientes) e *boulware* (terceiro, sexto e nono ambientes), ocorre o oposto.

A figura abaixo ilustra este comportamento. As setas indicam a direção na qual os agentes que arriscam mais obtiveram melhores resultados.

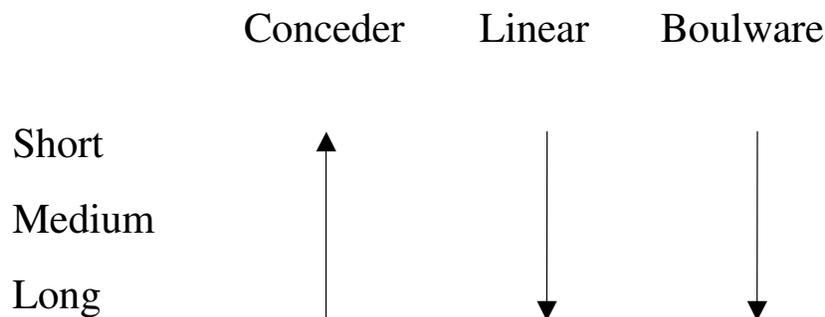


Figura 26. Prazos mais favoráveis para arriscar.

Os resultados confirmam a hipótese 1 em ambientes de fornecedores *linear* e *boulware*, e divergem dela em ambientes de fornecedores *conceder*.

Investigando detalhes das negociações, através do *log* do experimento, identificamos os motivos da exceção que ocorre no cenário *conceder* (agentes que arriscam mais, conseguem melhores resultados em prazos curtos do que longos). A razão para o desempenho ruim em prazos longos foi em função deles forçarem acordos com propostas de barganha que eram rejeitadas, deixando de conseguir os bons acordos que ocorreriam naturalmente contra fornecedores conciliadores. Já nos ambientes de prazos

curtos, eles não podiam barganhar, pois os acordos já conseguidos expiravam. Assim, conseguiam bons resultados.

Concluimos, então, que em um ambiente de fornecedores conciliadores, é bom continuar tentando acordos melhores (*fabandon*), pois estes fornecedores facilitam bons acordos. Por outro lado, não é bom forçar muito nas propostas de barganha (*fgain*), pois fornecedores deste perfil geralmente não têm muito mais o que ceder.

### 7.4.3 Resultados segundo perfil dos fornecedores

Também podemos notar, através do gráfico da Figura 24, que os cenários mais favoráveis para agentes compradores de todos os perfis são os de fornecedores conciliadores. Porém, analisando os resultados por perfis, observamos que com prazos curtos (3 primeiros ambientes), o ambiente de fornecedores mais amarrados (*boulware*) é menos favorável para quem arrisca mais. Já com prazos médios e longos, ocorre o oposto.

A figura abaixo ilustra este comportamento. As setas indicam a direção que os agentes que arriscam mais, obtiveram melhores resultados.

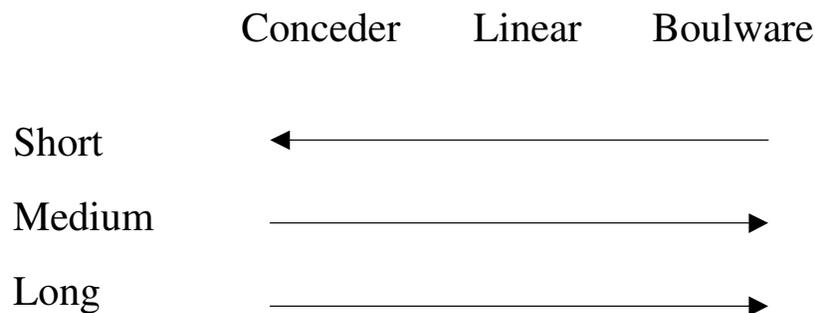


Figura 27. Fornecedores mais favoráveis para perfis de risco.

Os resultados confirmam a hipótese 2 em ambientes de prazos curtos e divergem dela em ambientes de prazos longos e médios.

Através do *log* do experimento, investigamos a razão pela qual os resultados divergiram da hipótese 2, nos cenários de tempo longo e médio. Descobrimos que a justificativa

para isso é que não adianta tentar ganhar mais sobre fornecedores conciliadores porque eles, muitas vezes, já cederam o que poderiam. Já os negociadores mais amarrados, por cederem lentamente, podem estar distantes do seu valor de reserva (escondem mais seu valor de reserva). Isto faz com que eles aceitem o ultimato que geralmente ocorre dentro dos seus intervalos de negociação. Já no caso do cenário *short*, ocorre uma exceção (agentes que arriscam mais, conseguem melhores resultados em ambientes de fornecedores conciliadores). Verificamos que isto ocorre porque, como os prazos expiram antes da conclusão da próxima negociação, os agentes não têm oportunidade de enviar a proposta de barganha e dependem de acordos que ocorrem naturalmente. Sendo assim, continuar tentando resultados melhores, tende a ser uma boa heurística contra fornecedores conciliadores. Já contra fornecedores amarrados, insistir muito em resultados melhores, abandonando bons resultados tende a ser uma heurística ruim.

Concluimos então que, com prazos curtos, como não se consegue enviar a proposta de barganha (pois os prazos expiram antes da conclusão da próxima negociação), abandonar acordos é bom, se estiver negociando com fornecedores conciliadores, mas é ruim, se estiver negociando com fornecedores amarrados, contra os quais é difícil conseguir bons acordos.

#### **7.4.4 Outras observações**

Além destas conclusões descobertas através das exceções discutidas acima, também foram observados outros resultados interessantes através de uma observação detalhada dos *logs* do experimento. Primeiro, foi observado que os agentes que barganham mais alto, conseguem negociar com mais fornecedores antes do prazo de compromisso expirar, porque enviam o ultimato antes. Outro comportamento interessante observado, foi que os agentes de perfis de maior risco (*bold* e *agressive*) obtiveram resultados inferiores aos agentes moderados no cenário *Long&Linear* e *Long&Boulware*, apesar da tendência demonstrada na Figura 26 e na Figura 27. Ao analisarmos os registros das negociações, observamos que isto ocorre porque, no prazo longo, estes agentes de maior risco não perdem o acordo e insistem em barganhar com o mesmo valor até o final da rodada, mesmo tendo a proposta de ultimato rejeitada por vários fornecedores. Uma solução para isto, talvez seja, alterar a função *fgain* para descontar o ganho esperado à

medida que se aproxima do final da rodada, caso os resultados esperados não sejam conseguidos.

## 7.5 Conclusões

A discussão dos resultados levou as seguintes conclusões:

- (1) O prazo de compromisso funciona como uma restrição para as decisões do agente, visto que: com prazos curtos não se pode barganhar, pois não possui acordos sob compromisso, e em prazos longos, não se aplica a decisão de abandonar acordos, pois estes não expiram.
- (2) Contra fornecedores mais amarrados, tentar ganhos maiores através da proposta de barganha (*fgain*), tende a ser uma boa heurística. Apesar disso, continuar abandonando acordos (*fabandon*), tende a ser ruim para o agente.
- (3) Contra fornecedores mais conciliadores, tentar ganhos maiores através da proposta de barganha, tende a ser ruim para o agente. Apesar disso, continuar tentando resultados melhores, tende a ser uma boa heurística.
- (4) As duas conclusões (2) e (3) apontam para a importância de que as funções de decisão *fgain* e *fabandon* sejam ajustadas de forma independente.
- (5) O agente precisa considerar a evolução da NBS para decidir quanto oferecer na proposta de barganha e para diminuir a tentativa de ganho, caso o ultimato seja rejeitado várias vezes.

# Capítulo 8

## Conclusões

Este trabalho de mestrado abordou o tema de um tipo de negociação que consideramos bastante relevante para aplicação em comércio eletrônico e que ainda não foi implantada em nenhum mercado eletrônico na internet. Acreditamos que este tipo de negociação, à qual denominamos múltiplas negociações bilaterais, seja adequado para negociações em cenários de mercado do tipo *business-to-consumer*, nos quais vários fornecedores oferecem um tipo de produto que é do interesse de vários consumidores, como é o caso dos *Emalls*.

Com o objetivo de identificar as necessidades sobre negociação mediada por agentes em *E-commerce*, fizemos uma análise sobre os tipos de negociação existentes na Internet e sobre os tipos tratados na literatura acadêmica. Fizeram parte desta análise, um levantamento e um estudo detalhado sobre o estado da arte em negociação mediada por agentes. Para que ficassem claras as diferenças entre os tipos de negociação tratados, identificamos as características de cada um deles dentro do contexto de comércio eletrônico.

Tendo identificado a motivação para o estudo de múltiplas negociações bilaterais e conseqüentemente de negociações bilaterais seqüenciais como um tipo desta classe mais genérica, refletimos sobre este tipo de negociação para identificar o que é preciso ser tratado para que agentes inteligentes possam realizar tal tipo de negociação. O resultado desta reflexão serviu então para a criação de um protocolo inédito e de um modelo original de agente para este tipo de negociação. Este modelo serve como um exemplo de agente para negociações bilaterais seqüenciais e facilita a compreensão do que precisa ser tratado por agentes que possuem esta finalidade. Após a criação do modelo, conseguimos identificar mais claramente a importância de cada aspecto de múltiplas negociações bilaterais que precisam ser considerados na construção do agente.

Para validar o modelo criamos um experimento através do qual podemos identificar algumas nuances do agente criado e do tipo de negociação tratado. Uma dessas, é a compreensão da importância do prazo de compromisso como um mecanismo de ajuste da concorrência entre fornecedores na negociação, já que fornecedores que não estão dispostos a concorrer com outros podem determinar prazos menores. Esta característica é, portanto, mais um diferencial deste tipo de negociação. Outra descoberta importante aponta para necessidade de ajustes independentes para os parâmetros das duas funções de decisão que definem o perfil do agente quanto ao risco. Manter os mesmos parâmetros (perfil) para as duas funções provavelmente conduz a resultados inferiores aos que poderiam ser conseguidos.

Uma contribuição desta dissertação de mestrado é, portanto, a análise e caracterização dos tipos de negociação em comércio eletrônico. Este trabalho de caracterização foi muito útil para identificar a importância do tipo de negociação que escolhemos para tratar. Outra contribuição é a discussão sobre o que precisa ser considerado para criar um agente para este tipo de negociação. E uma terceira contribuição é um exemplo de protocolo e de modelo de agente para negociações bilaterais seqüenciais. Estes exemplos permitem uma melhor compreensão deste tipo de negociação e facilitam vislumbrar mercados baseados nela.

Em trabalhos futuros pretendemos: estender o modelo para negociações *multi-issue*; aperfeiçoar as funções de decisão do agente; incluir aprendizagem de máquina no modelo, com a finalidade de melhorar o desempenho do agente nas rodadas; e estender o modelo para múltiplas negociações bilaterais simultâneas.

Analisando o modelo do agente para NBS, chegamos à conclusão de que o protocolo criado e os mecanismos de decisão desenvolvidos podem ser aproveitados no desenvolvimento do agente para negociações bilaterais simultâneas. Porém será necessário fazer algumas adaptações e tratar algumas questões. Estas questões são: como comparar estados diferentes das negociações, o que fazer quando existir um acordo iminente em uma negociação e as outras estiverem em estados diferentes, como avaliar uma negociação não concluída considerando a incerteza de como irá evoluir.

Para evoluir o modelo para negociações *multi-issue* a maior dificuldade é como determinar os valores para cada item sob negociação a partir de uma avaliação desejada.

A dificuldade existe porque há inúmeras formas de conseguir a mesma avaliação através da combinação de valores diferentes para cada item. A solução que imaginamos para isso é a utilização de técnicas de aprendizagem de máquina para gerar uma combinação linear (vetor) que se aproxime da proposta do oponente.

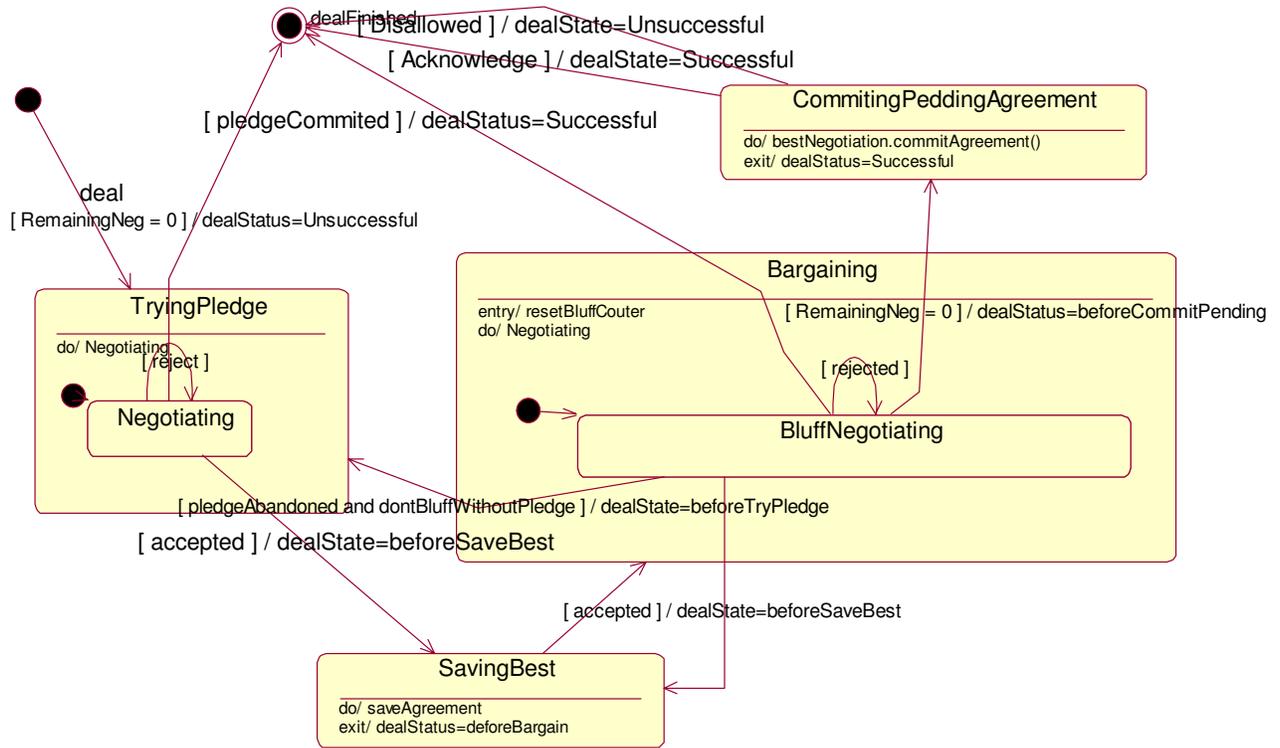
Para o aperfeiçoamento das decisões do agente, consideramos primordial levar em conta a evolução da negociação para continuar ou não na rodada e para determinar o quanto oferecer na proposta de barganha.

A aprendizagem de máquina pode ser aplicada tanto para incluir o aspecto da evolução da negociação nas decisões, como discutido no parágrafo anterior, como para ajustar automaticamente os parâmetros das funções que determinam o perfil do negociador.

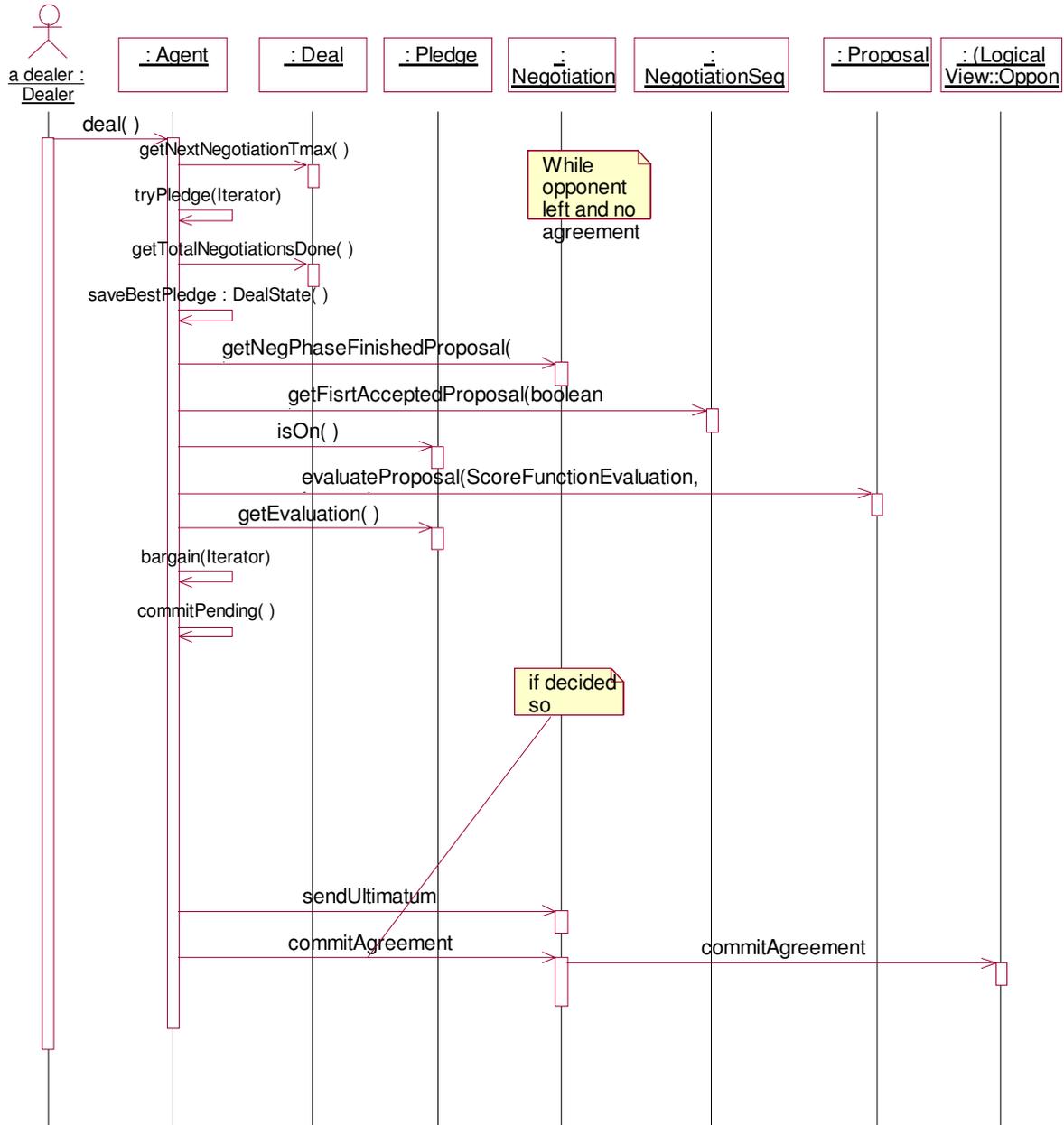
# Apêndice A

## Diagramas de comportamento

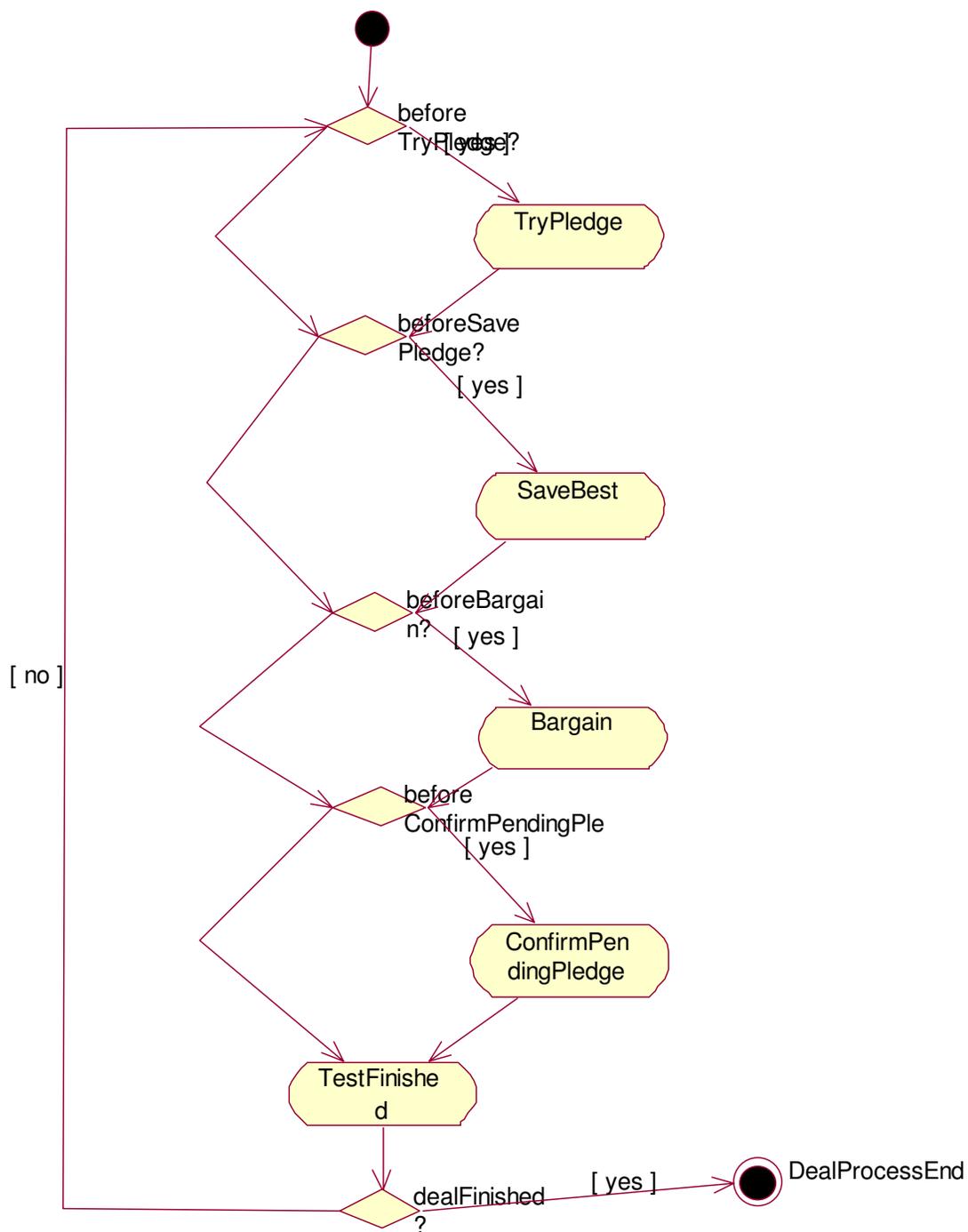
## A.1 Diagrama de estados do agente



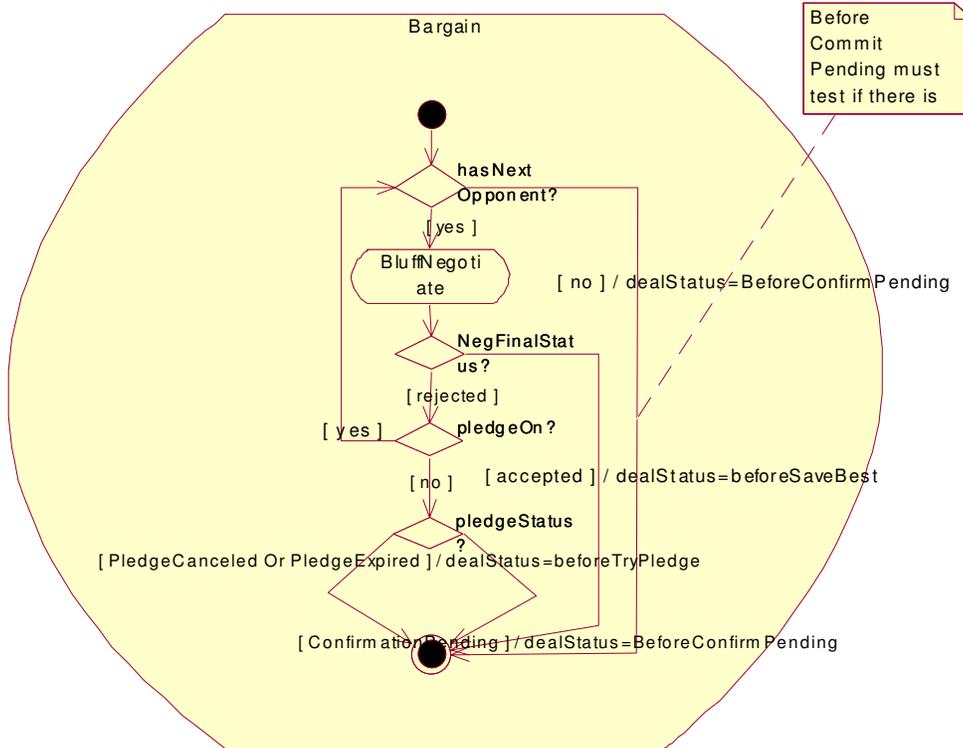
## A.2 Diagrama de Seqüência do caso de uso *Deal*.



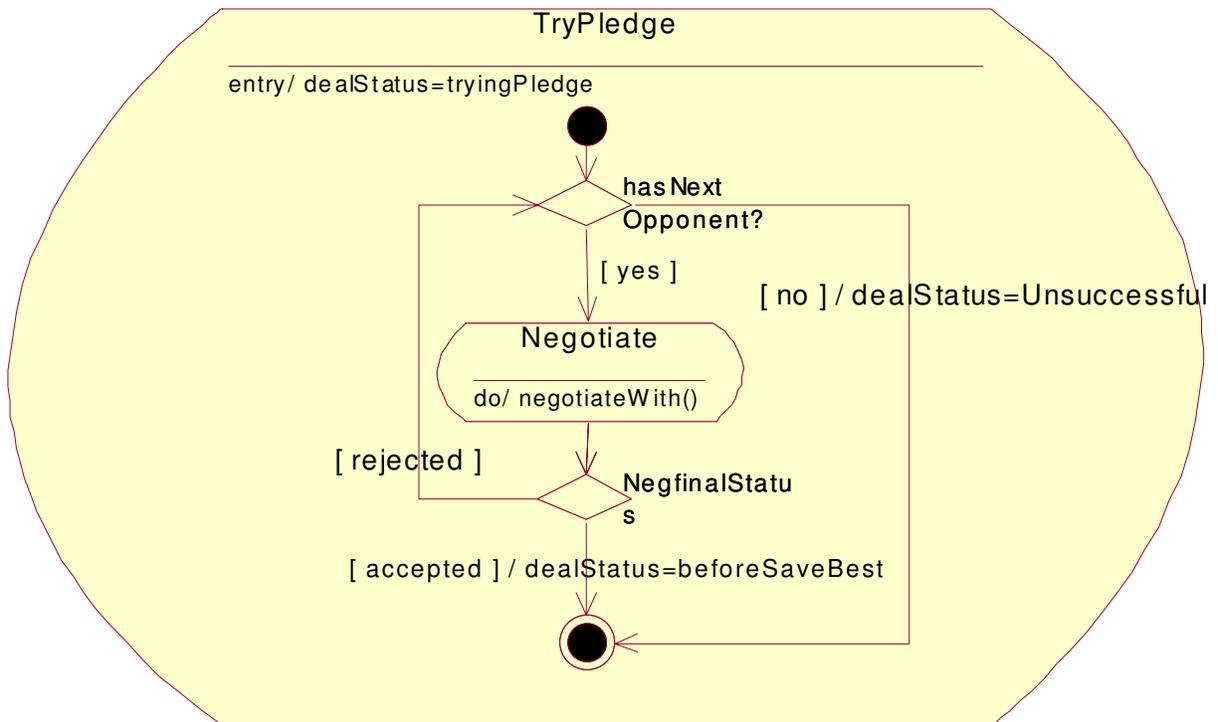
### A.3 Diagrama de atividade do processo da NBS



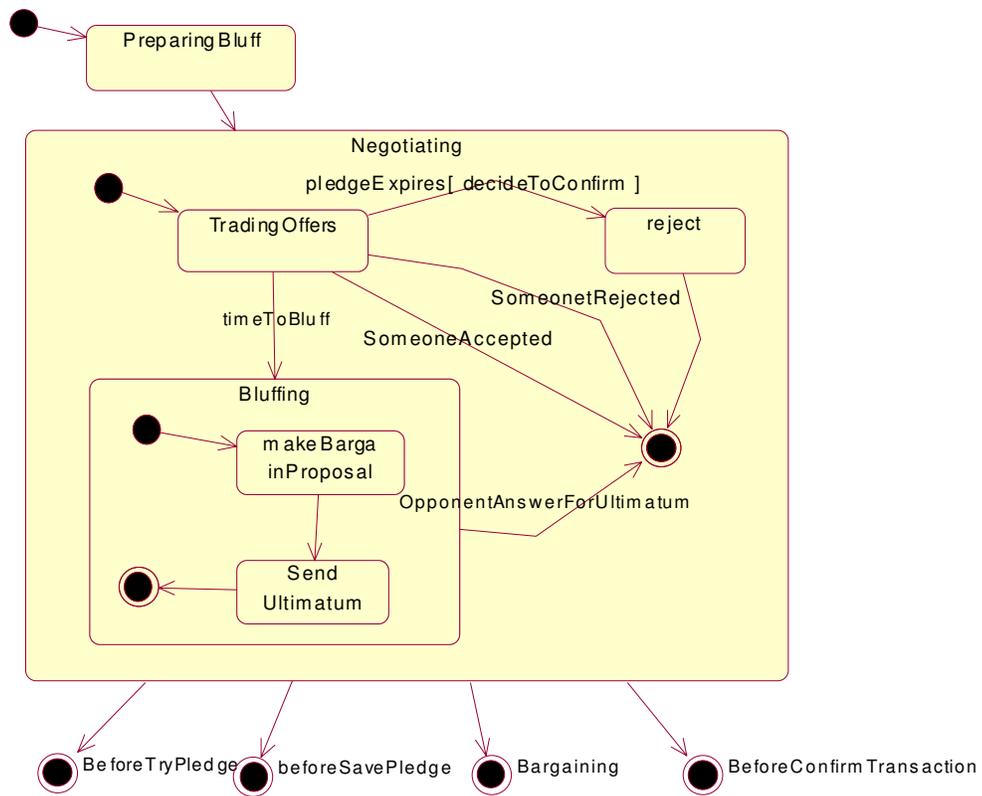
## A.5 Processo para barganha (Detalhe do diagrama de atividade do processo da NBS)



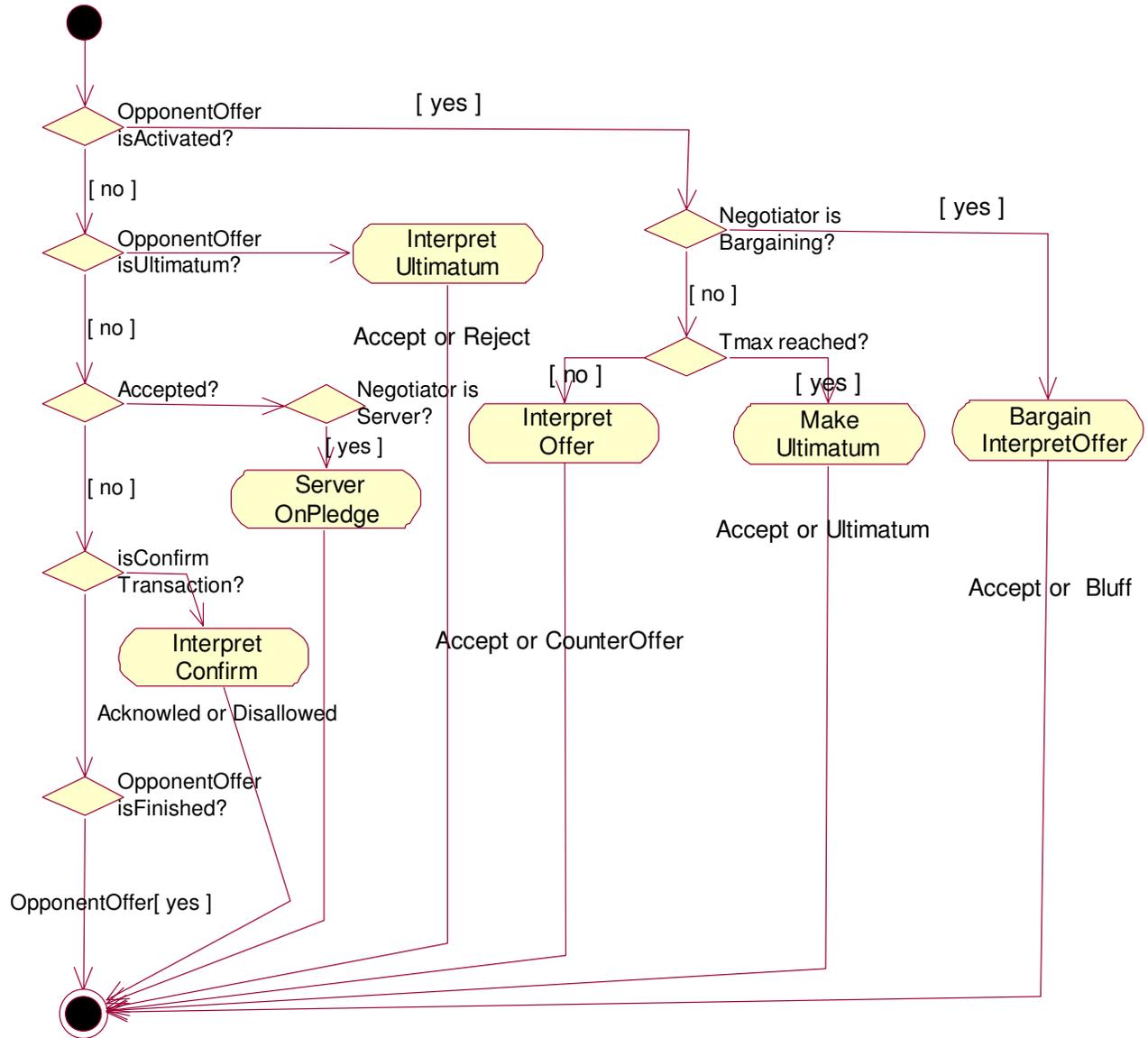
#### A.4 Processo para obter acordo (Detalhe do diagrama de atividade do processo da NBS)



## A.6 Diagrama de estados do processo de negociação para barganha



## A.7 Interpretação da Mensagem recebida



## A.8 Operações das principais classes

Agent (from negotiator)
Agent()
Agent()
Agent()
getName()
negotiationCount()
createNegotiation()
newNegotiator()
newNegotiator()
negotiateWith()
bluffNegotiateWith()
negotiationProcess()
bluffNegotiationProcess()
isBestPledgeExpiring()
getBestPledgeElapsedTime()
getBestPledgeTimeLimit()
decideBestPledgeMinNeg()
decideToConfirmTransaction()
negotiationIterator()
scoreFcn()
calculateConceded()
quantitativeCalculateConceded()
payoffValueFcn()
valueBetween()
quantitativeScrFcn()
quantitativeValueFcn()
getInFuzzyScoreFunction()
fuzzyEval()
qualitativeEval()
qualitativeScrFcn()
fuzzyScrFcn()
toString()
getStrategyName()
newIssueChoice()
chooseStrategyTactics()
defineServiceToNegotiate()
isServer()
addOpponent()
deal()
tryPledge()
bargain()
confirmTransaction()
opponentsCount()
getTotalRemainingNeg()
newDeal()
createDeal()
savePledge()
createPledge()
getBestPledge()
decideGain()
calculateBargain()

Negotiation (from Agent)
Negotiation()
createStrategy()
getService()
getStrategy()
adjustNormWeights()
issueNormWeightIterator()
getNegSequence()
getNegPhaseFinishedProposal()
start()
getTime()
getTMax()
getNegID()
getStarted()
negotiationPhaseFinished()
getWillBeFirst()
appearedProposal()
makeStrategyProposal()
makeFirstProposal()
receiveProposal()
adjustAgree()
interpretOffer()
evaluate()
findIssueChoice()
evaluate()
toString()
validateProtocol()
interpretProposal()
interpretConfirmTransaction()
getPledgeElapsedTime()
getPledgeTimeLimit()
interpretUtterance()
bargainInterpretOffer()
receiveAndRejectProposal()
setOpponent()
setBargainPayoff()
setPledgeStartTime()
makeBargainProposal()
makeConfirmTransactionProposal()
timeToBluff()
getOpponent()
decideLosesBargainPayoffs()
makeUltimatumProposal()
createBargainProposal()

## REFERÊNCIAS

1. Beam, C. & Segev, A. (1998). *Auctions on the Internet: A Field Study*. Working paper, Haas School of Management. University of California. Berkeley.
2. Boock G., Rumbaugh J., & Jacobson, I. (1998). *The Unified Modeling Language User Guide*. Boston: Addison-Wesley.
3. Cardoso, H. L., Schaefer, M. & Oliveira, E. (1999). A Multi-Agent System for Electronic Commerce including Adaptive Strategic Behaviors. In *EPIA'99 - Portuguese Conference on Artificial Intelligence*. Évora.
4. Chavez A., & Maes, P. (1996). Kasbah: An Agent Marketplace for Buying and Selling Goods. In *Proceedings of the First Int. Conf. on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology*, London.
5. de Paula G. E., 2001. *Modelo de Negociação Bilateral para Comércio Eletrônico*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática (Recife).
6. de Paula G. E., Ramos, F. S. & Ramalho, G. L. (2000). Bilateral Negotiation Model for Agent Mediated Electronic Commerce. In *Proceedings of the Third Workshop on Agent Mediated Electronic Commerce (AMEC III) in International Conference in Autonomous Agents (Agents 2000)* (pp. 1-16). Barcelona.
7. Faratin P., C. Sierra & Jennings, N. R. (1998). Negotiation Decision Function for Autonomous Agents. *Int. Journal of Robotics and Autonomous Systems* (pp. 159-182).
8. Faratin P., Sierra, C., Jennings, N. R. & Buckle, P. (1999). Designing responsive and deliberative automated negotiators. In *Proceedings of the AAAI Workshop on Negotiation: Settling Conflicts and Identifying Opportunities*. (pp. 12-18). Orlando, FL.
9. Fudenberg, D. & Tirole, J. (1995). *Game Theory*, Fourth printing, MIT.
10. Gibbons R. (1992). *Game Theory for Applied Economists*. Princeton: Princeton University Press.

11. Guttman R. & Maes, P. (1998). Agent-mediated Integrative negotiation for retail electronic commerce. In Proceedings of the *Workshop on Agent Mediated Electronic Trading (AMET'98)*. (pp. 77-89). Minneapolis, Minnesota.
12. Guttman R. & Maes, P. (1998). Cooperative vs. competitive multi-agent negotiations in retail electronic commerce. In Proceedings of the *Second International Workshop on Cooperative Information Agents (CIA'98)*. Paris.
13. <http://www.agorics.com/Library/Auctions/auction6.html>. Double Auction. Visitado em 23/06/2002.
14. <http://www.amazon.com>. Amazon.com Auctions. Visitado em 26/07/2002.
15. <http://www.bargain.com.br>. Bargain.com. Visitado em 01/07/2002.
16. <http://www.ebay.com>. Ebay - The world's online marketplace. Visitado em 30/07/2002.
17. <http://www.iisee.ic.ac.uk/~frank/surp99/skk97/auctionTypes.html>. Auction types in the Internet. Visitado em 20/06/2002.
18. <http://www.uol.com.br/shoppinguol>. Shopping UOL. Visitado em 01/07/2002
19. Jennings, N., Sycara, K. & Wooldridge, M. (1998). A roadmap of agent research and development. *Int. Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*. (Vol 1, pp. 7-38).
20. Kersten G., Noronha S. & Teich J. (2000). Are All E-Commerce Negotiations Auctions? In Proceedings of the *Fourth International Conference on the Design of Cooperative Systems (COOP'2000)*. Sophia-Antipolis, France.
21. Kim, K., Paulson, B. C. Petrie, C. (2000). Agent-based Electronic Markets for Project Supply Chain Coordination. *Seventeenth National Conference on Artificial Intelligence, Workshop on Knowledge-Based Electronic Markets(KBEM)*. Austin, Texas: AAAI Press.
22. Ljunberg, M. & Lucas, A. (1992). The OASIS air Traffic management system. In Proceedings of the *Second Pacific Rim International Conference on AI (PRICAI-92)*. Seoul, Korea.

23. Lomuscio, A. R., Wooldridge M. & N. R. Jennings (2000) A classification scheme for negotiation in electronic commerce. In *Agent-Mediated Electronic Commerce: A European Perspective*. Springer Verlag. (pp. 19-33).
24. Maes, P. Agents that reduce work and information overload. (1994). *Communications of the ACM*. (Vol 37, no. 7, pp. 31-40).
25. Maes, P., Guttman, R. & Moukas, A.G. (1999). Agents that buy and sell: Transforming commerce as we know it. *Communications of the ACM*. (pp. 81-84).
26. Matos N., Sierra, C. & Jennings, N. R. (1998). Determining successful negotiation strategies: an evolutionary approach. In *Proceedings of the Int. Conf. on Multi-Agent Systems (ICMAS-98)*. (pp. 182-189). Paris, France
27. McAfee, R. P. & McMillan, J. (1987). Auctions and bidding. *Journal of Economic Literature*. (vol. 25, pp. 699-738).
28. Noriega, P. C. (1997). *Agent Mediated Auction: The Fishmarket Metaphor*. Tesi Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, Facultat de Ciències.
29. Raiffa H. *The Art and Science of Negotiation*. (1982). Cambridge: Harvard University Press.
30. Reeves, D. M., Wellman, M. P., Grosz, B. N. & Chan, H. Y. (2000). Automated negotiation from declarative contract descriptions. In *Seventeenth National Conference on Artificial Intelligence, Workshop on Knowledge-Based Electronic Markets (KBEM)*. Austin, Texas: AAAI Press.
31. Rumbaugh, J., Jacobson, I. & Boock, G. (1998). *UML The Unified Modeling Language Reference Manual*. Boston: Addison-Wesley.
32. Sandholm T. (1999). Limitations of the Vickrey Auction in Computational Multiagent Systems. In *Proceedings of the Second International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS)*. (pp. 299-306). AAAI Press.
33. Sandholm T. et al.. (1995). Issues in Automated Negotiation and Electronic Commerce: Extending the Contract Net Framework. In *First International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-95)*. (pp. 328-335). San Francisco.

34. Sandholm, T. (2000). eMediator: A Next Generation Electronic Commerce Server. *International Conference on Autonomous Agents (AGENTS)*. Barcelona.
35. Sandholm, T., and Lesser, V. (1996) Advantages of a Leveled Commitment Contracting Protocol, *Proceedings of the Thirteenth National Conference on Artificial Intelligence*. (pp. 126-133).
36. Sen, S., Dutta, P.S. & Mukherjee, R. (2000). Agents that represent buyer' s interests in E-commerce. In *AAAI Knowledge based electronic markets*. (pp. 63-69). Austin, Texas: AAAI Press.
37. Sierra C., Faratin, P. & Jennings, N. (1997). A Service-Oriented Negotiation Model between Autonomous Agents. In *Proceedings of the 8th European Workshop on Modeling Autonomous Agents in a Multi-Agent World (MAAMAW-97)*. Ronneby, Sweden. (pp.17-35). Ronneby, Sweden.
38. Smith, C. W. (1989).*The Social Construction of Value*. Berkeley: University of California Press.
39. Wong, W. Y., Zhang, D. M. & Kara-Ali, M. (2000). Negotiating with Experience. *Seventeenth National Conference on Artificial Intelligence, Workshop on Knowledge-Based Electronic Markets(KBEM)*. Austin, Texas: AAAI Press.
40. Wurman, P. R., Wellman, M. P. & Walsh, W. E. (1998). The Michigan Internet AuctionBot: A Configurable Auction Server for Human and Software Agents. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Autonomous Agents (Agents' 98)*(pp. 301-308). New York: ACM Press.
41. Wurman, P., Walsh, W. & Wellman, M. (1998). Flexible double auctions for electronic commerce: Theory and implementation. *Decision Support Systems*. (Vol. 24, no. 1, pp. 17-27).