

FABIANO MITSUO HASEGAWA

**UMA ABORDAGEM BASEADA EM LÓGICA
PARACONSISTENTE PARA AVALIAÇÃO DE
OFERTAS EM NEGOCIAÇÕES ENTRE
ORGANIZAÇÕES ARTIFICIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Informática Aplicada.

**Curitiba
2004**

FABIANO MITSUO HASEGAWA

**UMA ABORDAGEM BASEADA EM LÓGICA
PARACONSISTENTE PARA AVALIAÇÃO DE
OFERTAS EM NEGOCIAÇÕES ENTRE
ORGANIZAÇÕES ARTIFICIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Informática Aplicada.

Área de Concentração:
Sistemas Inteligentes

Orientador: Prof. Dr. Bráulio Coelho Ávila
Co-orientador: Prof. Dr. Marcos A. H. Shmeil

Curitiba
2004

Hasegawa, Fabiano Mitsuo

Uma Abordagem Baseada em Lógica Paraconsistente para Avaliação de Ofertas em Negociações entre Organizações Artificiais. Curitiba, 2004. 73p.

Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada.

1. Negociação em Sistemas Multiagente 2. Avaliação de Ofertas 3. Lógica Paraconsistente I. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada II-t

*Aos meus pais, Itiro e Danuta, pelo
apoio e incentivo dado ao longo de
minha vida acadêmica.*

*À minha amada esposa Kellen pela
compreensão, carinho e apoio nos
momentos difíceis.*

Agradecimentos

Ao Prof. Bráulio Coelho Ávila pelo apoio nos momentos difíceis, pela confiança em mim depositada, pelas críticas e sugestões que tornaram possível a realização deste trabalho;

Ao Prof. Marcos Augusto Hochuli Shmeil pela confiança, pelo apoio, pelas horas de discussões sobre o ARTOR, pelas críticas e sugestões que ajudaram no desenvolvimento deste trabalho;

A Emerson Luís dos Santos e Márcio Roberto Starke pela amizade e pelas dificuldades por nós superadas durante o mestrado;

À PUC-PR pela oportunidade concedida e pelo apoio financeiro;

Ao CNPQ pelo apoio financeiro;

A todos aqueles que colaboraram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

Sumário

Agradecimentos	i
Sumário	ii
Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas	vii
Lista de Símbolos	ix
Lista de Abreviaturas	x
Resumo	
Abstract	
1 Introdução	1
2 Organizações Artificiais	5
2.1 Considerações Iniciais	5
2.2 Agentes de <i>Software</i>	5
2.3 Cooperação entre Agentes	6
2.4 Sistemas Multiagentes	8
2.5 Organizações	9
2.6 ARTOR - ARTificial ORganizations	12
2.6.1 Arquitetura	13
2.6.2 Definição	13
2.6.3 Agente Envolvente	15
2.6.4 Agentes Gestores e Executores	17
2.6.5 Conhecimento no ARTOR	18
2.6.6 Quiosque — <i>News Stand</i>	20
2.6.7 Comunicação	21

2.6.8	Coordenação	21
2.7	Considerações Finais	22
3	Lógica Paraconsistente em Sistemas Multiagentes	23
3.1	Considerações Iniciais	23
3.2	Lógica Evidencial Paraconsistente	24
3.3	Aplicações da Lógica Paraconsistente em SMA	29
3.3.1	Pandora	29
3.3.2	ParaNet	32
3.4	Considerações Finais	35
4	Negociação	36
4.1	Considerações Iniciais	36
4.2	Interação entre Agentes	37
4.3	Aspectos da Negociação	38
4.4	A Estratégia de Negociação	42
4.5	Modelos de Negociação em <i>SMA</i>	42
4.5.1	Negociação Baseada em Argumentação	42
4.5.2	Negociação em Domínios Orientados a Valoração	44
4.5.3	Negociação no ARTOR	46
4.6	Considerações Finais	50
5	Lógica Paraconsistente Aplicada à Avaliação de Ofertas	52
5.1	Considerações Iniciais	52
5.2	Avaliação da Oferta Utilizando a Abordagem Paraconsistente	53
5.2.1	Arquitetura da Abordagem Paraconsistente	53
5.2.2	Traduzindo Ofertas para o Formalismo de Representação da <i>LEP</i>	54
5.2.3	Avaliação da Oferta Através do Algoritmo Para-Analisador	59
5.3	Estratégias de Negociação Utilizadas	59
5.4	Comparação entre Abordagem Paraconsistente e Abordagem Valorada	61
5.4.1	Análise dos Resultados	62
5.5	Considerações Finais	65
6	Conclusões	67
6.1	Resultados Obtidos	67
6.2	Trabalhos Futuros	68
	Referências Bibliográficas	69

A Resultados	74
A.1 Resultados dos Testes	74
A.1.0.1 Cenário com Duas Organizações que Utilizam a Mesma Abordagem para Avaliação das Ofertas	75
A.1.0.2 Cenário com Duas Organizações que Utilizam Dife- rentes Abordagens para Avaliação das Ofertas	75

Lista de Figuras

2.1	Relações ativas e passivas entre o ambiente interno e o ambiente externo, e internalizações sobre o ambiente externo.	10
2.2	Divisão das atividades da organização através dos critérios.	10
2.3	Canais formais e informais da organização.	12
2.4	Mecanismos de coordenação existentes em uma organização.	12
2.5	Lançamento de uma sociedade através da base de conhecimento.	15
2.6	Lançamento dos componentes internos de uma organização através da Base de Conhecimento Corporativo.	15
2.7	Estruturas organizacionais fracamente hierárquicas (FCH) e fortemente hierárquicas (FTH).	17
2.8	Arquitetura do agente envolvente.	17
2.9	Exemplo de arquitetura para um agente gestor e para um agente executor.	18
2.10	Arquitetura da Base de Conhecimento Corporativo.	19
2.11	Arquitetura do Quiosque (<i>News Stand</i>).	21
3.1	Reticulado representado através do Diagrama de Hasse.	25
3.2	Representação do grau de contradição.	26
3.3	Representação do grau de certeza.	26
3.4	Representação do G_{ct} e do G_c inter-relacionados.	27
3.5	Exemplo de controle de limites com os limites configurados para 0.5 e -0.5 representado no gráfico de G_{ct} e G_c	28
3.6	Reticulado com 12 estados lógicos representados no gráfico de G_{ct} e G_c	29
4.1	Matriz de Resultados para o Dilema dos Prisioneiros.	40
4.2	Margem negociável está abaixo do limite mínimo aceitável, é impossível se chegar a um acordo.	40
4.3	Os limites mínimos coincidem, não há margem para negociação.	41
4.4	Há margem para negociação.	41
4.5	Definição dos valores relativos para o CS preço.	48

5.1 Exemplo de avaliação de oferta utilizando a *abordagem paraconsistente*. 55

Lista de Tabelas

4.1	Exemplo do Espaço de Possibilidades para um determinado produto.	48
5.1	Valores utilizados no <i>EP</i> do agente executor de seleção do exemplo.	54
5.2	Utilização das abordagens nas possíveis situações do cenário utilizado nos testes.	61
5.3	Valores utilizados no <i>EP</i> da <i>OC</i> .	62
5.4	Valores utilizados no <i>EP</i> das <i>OF's</i> .	62
5.5	Valores utilizados na oferta inicial lançada pelo <i>OC</i> .	63
5.6	Resultados de uma negociação entre o <i>OCV</i> e o <i>OFV</i> .	63
5.7	Resultados de uma negociação entre o <i>OCP</i> e o <i>OFV</i> .	64
5.8	Resultados da negociação entre o <i>OCP</i> e o <i>OFV</i> .	64
5.9	Resultados da negociação entre o <i>OCV</i> e o <i>OFV</i> .	64
5.10	Resultados de uma negociação entre o <i>OCV/OCP</i> , <i>OFV</i> e <i>OFV</i> .	65
5.11	Resultado da negociação entre o <i>OCV</i> e o <i>OFV</i> .	65
5.12	Resultado da negociação entre o <i>OCP</i> e o <i>OFV</i> .	65
A.1	Resultados da negociação entre o <i>OCV</i> com valor de decremento fixo em 5 e a <i>OFV</i> com vários valores de decremento.	75
A.2	Resultados da negociação entre a <i>OCV</i> com valor de decremento fixo em 10 e a <i>OFV</i> com vários valores de decremento.	75
A.3	Resultados da negociação entre a <i>OCV</i> com valor de decremento fixo em 15 e a <i>OFV</i> com vários valores de decremento.	76
A.4	Resultados da negociação entre o <i>OCP</i> com valor de decremento fixo na faixa de valores 2 – 10 e o <i>OFV</i> com vários valores de decremento.	76
A.5	Resultados da negociação entre o <i>OCP</i> com valor de decremento fixo na faixa de valores 5 – 15 e o <i>OFV</i> com vários valores de decremento.	76
A.6	Resultados da negociação entre o <i>OCP</i> com valor de decremento fixo na faixa de valores 4 – 20 e o <i>OFV</i> com vários valores de decremento.	76
A.7	Resultados da negociação entre o <i>OCV</i> com valor de decremento fixo em 5 e o <i>OFV</i> com vários valores de decremento.	76

A.8	Resultados da negociação entre o <i>OCV</i> com valor de decremento fixo em 10 e o <i>OFP</i> com vários valores de decremento.	76
A.9	Resultados da negociação entre o <i>OCV</i> com valor de decremento fixo em 15 e o <i>OFP</i> com vários valores de decremento.	77
A.10	Resultados da negociação entre o <i>OCP</i> com valor de decremento fixo na faixa de valores 2 – 10 e o <i>OFV</i> com vários valores de decremento.	77
A.11	Resultados da negociação entre o <i>OCP</i> com valor de decremento fixo na faixa de valores 5 – 15 e o <i>OFV</i> com vários valores de decremento.	77
A.12	Resultados da negociação entre o <i>OCP</i> com valor de decremento fixo na faixa de valores 4 – 20 e o <i>OFV</i> com vários valores de decremento.	77

Lista de Símbolos

μ_1	.....	Evidência favorável
μ_2	.....	Evidência contrária
τ	.....	Reticulado
\top	.....	Inconsistente
\perp	.....	Indeterminado
v	.....	Verdade
f	.....	Falso
Qv	.....	Quase verdade
Qf	.....	Quase falso
E	.....	Conjunto dos valores evidenciais da instância
e	.....	Elemento de E
k	.....	Índice associado a e
$P(x)$	.....	Função que retorna o índice k
S_{more}	.....	Valor que satisfaz mais
S_{less}	.....	Valor que satisfaz menos
U_n	.....	Valor de uma unidade do tipo especificado
L	.....	Conjunto dos valores evidenciais de uma regra
l	.....	Elemento de L
j	.....	Índice associado a l
N	.....	Quantidade de fatos que a regra possui
Ev_1	.....	Evidência favorável do fato
$R(x)$	.....	Função que retorna o índice j

Lista de Abreviaturas

CS	.....	Critério de Seleção
EP	.....	Espaço de Possibilidades
FC_n	.....	Fontes de Conhecimento
Fed	.....	Direção de Evolução Favorável (<i>Favorable Evolution Direction</i>)
G_c	.....	Grau de Certeza
G_{ct}	.....	Grau de Contradição
IAD	.....	Inteligência Artificial Distribuída
LC	.....	Lista de Critérios
LEP	.....	Lógica Evidencial Paraconsistente
LP	.....	Lógica Paraconsistente
OC	.....	Organização Consumidora
OF	.....	Organização Fornecedora
ACP	.....	Agente Consumidor Paraconsistente
ACV	.....	Agente Consumidor Valorado
AFP	.....	Agente Fornecedor Paraconsistente
AFV	.....	Agente Fornecedor Valorado
PLEP	.....	Programação Lógica Evidencial Paraconsistente
Pr	.....	Prioridade
Sm	.....	Estado da Mente (<i>State of Mind</i>)
SMA	.....	Sistema Multiagente
Vac	.....	Restrições de Valores (<i>Values Constraints</i>)
Vd	.....	Valor Padrão (<i>Value Default</i>)
Vscc	.....	Valor Superior de Controle de Certeza
Vicc	.....	Valor Inferior de Controle de Certeza
Vscct	.....	Valor Superior de Controle de Contradição
Vicct	.....	Valor Inferior de Controle de Contradição

Resumo

Dentro de uma negociação, cada indivíduo responsável pela compra ou venda de bens ou serviços possui conhecimentos que dizem respeito aos possíveis valores, dos critérios utilizados para representar um determinado serviço ou produto, que podem ser ofertados ou aceitos em uma negociação. Esse conhecimento é parte do conhecimento da organização que representa a “verdade” sobre o mundo, o mundo do ponto de vista da organização.

Em uma negociação, uma oferta pode causar um conflito com o conhecimento individual prévio do negociador. Esse conflito pode ser visto como uma inconsistência intra-caso. Na inconsistência intra-caso, um caso que está armazenado em uma base gera uma contradição com o conhecimento prévio daquele caso. Similarmente, uma oferta e o conhecimento prévio do negociador de uma organização pode gerar uma inconsistência intra-caso, pois, o conhecimento prévio contém os valores que o negociador considera valores aceitáveis para a organização, ou valores que são verdades para a mesma, e os valores da oferta podem causar contradições junto a esses valores.

Este trabalho descreve uma nova abordagem baseada em uma heurística de lista de decremento multivalorada formalizada com a Lógica Evidencial Paraconsistente (*LEP*) para avaliar ofertas em uma negociação. A *LEP* é utilizada para representar regras e ofertas que descrevem quão consistente a oferta é de acordo com o conhecimento individual do negociador. Se uma oferta é consistente e é “verdade” para o negociador, então ela é aceita. O ARTOR — ARTificial ORganizations — é um Sistema Multiagente (*SMA*) que simula uma sociedade de organizações — cada organização possui agentes responsáveis pelas operações de compra e venda, tanto de bens quanto de serviços. Dentro deste *SMA* a nova abordagem é utilizada pelo agente executor de fornecimento e pelo agente executor de seleção que são responsáveis, respectivamente, pela venda e compra.

Palavras-Chave: Negociação em Sistemas Multiagente, Avaliação de Ofertas, Lógica Paraconsistente.

Abstract

Within an organization, each individual responsible for the sale and purchase of commodities or services detains knowledge concerning possible values of the criteria used to represent a determined commodity or service which may be either offered or accepted in a negotiation. This knowledge is part of the organizational knowledge that stands for the “truth” about the world, the world from the organization’s point of view.

In a negotiation, an offer may cause a conflict with the previous individual knowledge of the negotiator. This conflict may be seen as an intra-case inconsistency. In the intra-case inconsistency the case which is stored in a base cause a contradiction with the previous domain knowledge of such case. Similarly, an offer and the previous individual knowledge of the negotiator may cause the intra-case inconsistency, the previous individual knowledge contain the acceptable values to the organization, or values which are true to the organization, and the values of the offer may cause contradictions with those values.

This work describes a new approach based on a multi-valued decrement list heuristic followed by formalization into Evidential Paraconsistent Logic (*EPL*) to evaluate offers in a negotiation. The *EPL* is used to represent the rules and offers that describe how consistent the offer is according to the individual knowledge of the negotiator. If an offer is consistent and is “true” for the negotiator, it is then accepted. The ARTOR — ARTificial ORganizations — is a Multiagent System (*MAS*) which simulates a society of organizations — each organization owns agents responsible for the operations of purchasing and selling either commodities or services. Within this *MAS* a new approach is undertaken by the supply executor agent and by the selection executor agent which are, respectively, responsible for the operations of purchase and sale.

Keywords: Negotiation in Multiagent System, Offer Evaluation, Paraconsistent Logic.

Capítulo 1

Introdução

No percurso para satisfazer suas necessidades, desejos e intenções, o ser humano se depara com limitações de ordem cognitiva e motora. Para minimizar os efeitos dessas limitações, os seres humanos modelam o mundo real em sociedades e estruturam essas sociedades em organizações nas quais os indivíduos disponibilizam suas capacidades [SHM99].

Segundo Peter F. Drucker [DRU98], a organização é uma entidade que existe para cumprir determinada missão, e possui uma função social específica. Para que a organização sobreviva e evolua de forma racional, é necessário que a missão da organização esteja bem definida e exposta. Pois, é através da missão da organização que serão determinadas as prioridades, estratégias, planos e atribuições de serviço. A missão da organização também é o ponto de partida para a estruturação e concepção dos cargos de direção.

Por exemplo, uma montadora de automóveis possui uma linha de montagem, onde, em cada intervalo de espaço existem células de manufatura compostas de equipamentos controlados por funcionários encarregados de montar uma parte específica do automóvel, temos também departamentos de pesquisa, marketing, contabilidade, logística, etc, todos sendo coordenados por diferentes gerentes, e no topo da cadeia hierárquica temos uma equipe de diretores ou um único diretor, que criam planos e estratégias de acordo com a missão da organização. Como podemos observar, os problemas do mundo real são inerentemente distribuídos. Os indivíduos desta organização hipotética, possuem capacidades e habilidades próprias que determinam suas funções. Ainda, se utilizam da cooperação para alcançarem seus objetivos individuais e organizacionais de forma eficiente e eficaz.

Cada indivíduo persegue seus objetivos nas interações com outras pessoas ou máquinas. Somente em situações extremamente limitadas os objetivos podem ser satisfeitos sem interação. Quando as pessoas interagem, freqüentemente trazem

consigo diferentes objetivos que causam conflitos. O processo de interação deve levar em conta esses conflitos. As pessoas prometem, ameaçam e quase sempre chegam a um meio-termo que satisfazem a ambas as partes.

Sendo a organização uma entidade social que possui objetivos próprios, definidos de acordo com a missão da organização, ela deverá interagir com outras organizações com a finalidade de satisfazer seus objetivos e conseqüentemente cumprir sua missão. Sendo assim, o papel da negociação é de suma importância.

Devido a importância do processo de negociação interorganizações, o crescente interesse das organizações reais em comércio eletrônico [ROC00, MAL04] e o estudo dos fenômenos que podem ocorrer em uma organização [CAR98, CAR99], propõe-se neste trabalho a utilização de uma nova abordagem, baseada em Lógica Paraconsistente, para a avaliação de ofertas em uma negociação.

No mundo real, mais especificamente no domínio das organizações econômicas, é utilizado o conceito de utilidade. A utilidade tem como objetivo representar o quanto um bem/serviço irá proporcionar de satisfação ou ser útil àquela pessoa, ou organização. A negociação nos Sistemas Multiagente é baseada em pesos que são atribuídos ao que se está negociando (distribuição de tarefas, compartilhamento de recursos, etc) [ROS94], é uma maneira do agente de *software* saber quanto o bem ou serviço negociado vale para ele, o quanto trará de vantagem ou desvantagem. Baseando-se nesses valores o agente de *software* pode tomar uma decisão.

O ARTOR (*ARTificial ORganizations*) [SHM99], é um Sistema Multiagente que simula organizações artificiais que desempenham papéis de fornecedoras e consumidoras — essa plataforma foi adotada como base deste trabalho. No Sistema Multiagente ARTOR, a negociação é baseada em valores de utilidade. Existem três dimensões em que são aplicados os valores de utilidade:

- i. dimensão dos valores dos critérios: é valor atribuído ao critério (ex.: cor azul satisfaz mais);
- ii. dimensão dos critérios: o critério é uma característica do bem/serviço (ex.: preço tem peso maior que a cor do produto;)
- iii. dimensão do bem/serviço: é determinada por uma função matemática que utiliza as outras dimensões de utilidade.

A negociação de bens ou serviços através de valores de utilidade para cada critério pode ser considerada um processo inconsistente. Pois, cada organização possui suas próprias crenças sobre os valores de utilidade, além dos recursos disponíveis no momento. Por exemplo, após o anúncio de compra de um determinado bem, com as

características desejadas (cor preta, preço R\$50,00, quantidade 1200, prazo de pagamento de 60 dias, entrega imediata), a organização que fez o anúncio irá receber contra-ofertas, com características que agradem mais as organizações que responderam o anúncio, por exemplo prazo de pagamento de 30 dias e entrega em 2 semanas. Racine e Yang [RAC96], classificaram dois tipos de inconsistências encontradas em uma base de casos, uma delas é a inconsistência intra-caso, e a outra é a inconsistência inter-casos. A primeira ocorre quando valores atribuídos às características de um caso entram em contradição com o conhecimento prévio do domínio. A segunda é caracterizada pela ocorrência de contradições envolvendo um ou mais casos, onde, cada caso possui várias características e alguns deles podem possuir valores de características contraditórias. O primeiro tipo de inconsistência é similar ao que ocorre com os conflitos em uma negociação, pois para avaliarmos uma oferta, utilizamos o conhecimento prévio do negociador, que contém o conhecimento sobre quais valores podem ser ofertados ou aceitos para um determinado bem ou serviço.

A premissa da Inteligência Artificial é fazer com que os computadores executem tarefas que são melhor realizadas por seres humanos [RIC93]. A questão da inconsistência é tratada facilmente pelos seres humanos. A Lógica Clássica não permite tirar conclusões a partir de informações inconsistentes. Na Lógica Paraconsistente [COS99] a inconsistência não é eliminada, e pode-se ter interpretações sobre a mesma. Em [SUB87, BLA87, BLA88] foi introduzido os fundamentos para a Programação Lógica Evidencial Paraconsistente. No sistema lógico evidencial, para uma proposição p temos uma anotação (μ_1, μ_2) associada, onde μ_1 corresponde ao grau de crença e μ_2 ao grau da descrença. Através dos valores da evidência podemos determinar o *grau de inconsistência* e o *grau de certeza* de uma determinada proposição, para assim tomar uma decisão baseada nesses graus.

Neste contexto, o objetivo geral deste trabalho é propor uma nova abordagem para o processo de negociação entre organizações artificiais, que simulam organizações econômicas, utilizando a Lógica Paraconsistente. Como objetivos específicos temos:

1. utilizar os conceitos da Programação Lógica Evidencial Paraconsistente, para representar os valores de utilidade das dimensões de um bem/serviço negociado;
2. capacitar os agentes executores a criar regras paraconsistentes, em tempo real, para a avaliação das propostas e contra-propostas.

A validação da nova abordagem foi realizada através da comparação dos resultados de sessões de negociação. As negociações foram realizadas entre organizações

que utilizaram abordagens iguais e diferentes. A abordagem utilizada para comparar com a *abordagem paraconsistente* foi a *abordagem valorada* utilizada no ARTOR.

No Capítulo 2 os conceitos de Sistemas Multiagentes são apresentados e a arquitetura do ARTOR é explanada. No Capítulo 3 os conceitos de Lógica Evidencial Paraconsistente são apresentados, juntamente com a explanação suscinta de alguns Sistemas Multiagentes que utilizam a Lógica Paraconsistente. O Capítulo 4 apresenta algumas características da interação entre agentes, na seqüência alguns aspectos da negociação são discutidos. Para finalizar alguns modelos de mecanismos para negociação são apresentados suscintamente. No Capítulo 5 a *abordagem paraconsistente* para avaliação de ofertas é detalhada e os resultados empíricos da validação são apresentados. O Capítulo 6 contém as conclusões sobre a nova abordagem e os trabalhos futuros.

Capítulo 2

Organizações Artificiais

2.1 Considerações Iniciais

As organizações são entidades complexas compostas por indivíduos que possuem seus próprios objetivos. Entretanto, todos os indivíduos pertencentes a uma organização cooperam entre si para fazer com que a mesma atinja seus objetivos. Pode-se modelar computacionalmente uma organização e outros problemas do mundo real que são distribuídos através dos Sistemas Multiagente. O ARTOR - *ARTificial* *OR*ganizations [SHM99] é um Sistema Multiagente no qual é possível modelar organizações, onde têm-se agentes de *software* responsáveis pelo planejamento, coordenação e execução das tarefas organizacionais.

O ARTOR foi desenvolvido com o objetivo de modelar as organizações e seus processos inter e intra organizacionais, sendo possível automatizar certos processos, como por exemplo, a negociação de um serviço ou produto entre organizações.

Neste capítulo serão apresentados, brevemente, alguns conceitos sobre agentes de *software*, cooperação entre agentes, sistemas multiagente e organizações. Ainda, nas seções subseqüentes o ARTOR e seus componentes serão examinados em detalhe.

2.2 Agentes de *Software*

Um dos focos de estudo da Inteligência Artificial Distribuída (*IAD*) são os Sistemas Multiagente (*SMA*), onde temos agentes autônomos com objetivos próprios e que são capazes de interagir entre si. Dentre as inúmeras definições sobre o que é um agente, pode-se citar:

- Russell e Norvig [RUS95], “Um agente é qualquer entidade capaz de perceber o ambiente através de sensores e atuar nele através de atuadores”;

- Maes [MAE95], “Agentes autônomos são sistemas computacionais que habitam um ambiente dinâmico e complexo, percebendo e atuando autonomamente nesse ambiente, compreendem um conjunto de tarefas ou objetivos para os quais foram projetados”;
- Franklin e Graesser [FRA96], “Um agente autônomo é um sistema situado dentro de um ambiente, do qual faz parte, percebendo e atuando nele continuamente atrás de seus objetivos, e fazendo-o, altera as futuras percepções do ambiente”.

Assim como nos seres humanos, a autonomia do agente assegura uma certa liberdade, o agente não é guiado por um usuário nem por outros agentes mas por um conjunto de tendências (objetivos individuais, mecanismos de satisfação ou sobrevivência). Ao mesmo tempo em que possui autonomia no contexto comportamental, o agente também é dependente dos recursos do ambiente necessários à sua sobrevivência. Basicamente há dois tipos de agentes de *software*, os agentes cognitivos e os agentes reativos.

Devido a representação interna do mundo e aos mecanismos de inferência, os agentes cognitivos têm grande flexibilidade para expressar seu comportamento e operar independentemente de outros agentes. A representação interna do ambiente e de outros agentes, permite ao agente cognitivo memorizar situações e analisá-las, prever possíveis reações diante de suas ações, e com essas informações podem decidir que ações tomar perante determinados eventos. Assim como planejar seu próprio comportamento diante de novas situações [FER99, WOO99].

Os agentes reativos não possuem a capacidade de antecipar eventos futuros e se preparar para eles, pelo simples fato de não possuírem uma representação interna sobre o ambiente ou sobre os outros agentes [FER99]. Eles são incapazes de planejar as ações que deverão ser realizadas diante de certo evento, os agentes reativos apenas reagem a estímulos externos. Agentes reativos possuem pouca ou nenhuma individualidade, eles se agrupam em colônias e a interação entre os indivíduos gera a adaptação e a evolução da população. A quantidade de agentes e a redundância possibilita a essas populações a resolução de problemas complexos. A “inteligência” dos agentes reativos para a resolução de problemas surge da população e não do indivíduo.

2.3 Cooperação entre Agentes

Segundo Jennings [DOR97], “Cooperação está sempre presente como um dos conceitos chave que diferenciam os Sistemas Multiagente de outras disciplinas relacionadas como a computação distribuída, sistemas orientados a objetos, e sistemas especialistas. Entretanto é um conceito cujo uso em sistemas baseados em agentes na melhor das hipóteses não é claro e na pior é altamente inconsistente”.

Para Norman [DOR97], a cooperação não é simplesmente perseguir os mesmos propósitos, mas além disso deve haver um comprometimento das partes em atuar em conjunto. Segundo esta definição, não é possível para agentes que não possuam estados internos cooperarem de fato.

Franklin [DOR97] descreveu uma topologia de classificação para cooperação em SMA, existem duas subclasses principais de SMA em relação à cooperação:

- independente: cada agente persegue seus objetivos independentemente de outros agentes. pode-se subdividir em discreto e cooperação emergente. É discreto se os objetivos de um agente não possuem nenhuma relação com qualquer outro objetivo dos outros agentes. A cooperação emergente ocorre quando os agentes, sem tomarem conhecimento, cooperam uns com os outros. Esse tipo de cooperação é detectada por um observador externo;
- cooperativo: cada agente possui entre seus objetivos cooperar com outros agentes. Os SMA cooperativos se dividem em comunicativos (envio e recebimento intencional de mensagens para a cooperação) e não comunicativos (observação e reação). Os SMA cooperativos comunicativos se dividem em sistema deliberativo e sistema negociante. A cooperação no sistema deliberativo é feita através de planejamento das ações em conjunto (pode haver ou não coordenação). No sistema negociante a cooperação é similar ao sistema deliberativo, mas com a adição de competição.

Doran [DOR97], considera a cooperação como sendo uma propriedade da ação do agente envolvido. A cooperação ocorre se as ações dos agentes envolvidos satisfazem um ou ambos os critérios abaixo:

- os agentes envolvidos possuem objetivos em comum, que nenhum agente pode alcançar sozinho e suas ações tendem a atingir este objetivo;
- os agentes realizam ações que permitem alcançar não somente seus objetivos mas também os objetivos dos outros agentes envolvidos.

Para Ferber [FER99], existem vários pontos de vista para a cooperação, muitos consideram a cooperação como uma atitude dos agentes que decidem trabalhar juntos. Outro ponto de vista para cooperação é observar o comportamento do SMA e então classificá-lo como cooperativo ou não, de acordo com critérios sociais e físicos.

A cooperação resulta em alguns benefícios como a execução de tarefas impossíveis de serem alcançadas por um indivíduo, a melhora na produtividade de cada agente, o aumento do número de tarefas executadas em um determinado período de tempo ou redução na realização de uma tarefa. Mas a cooperação também demanda uma coordenação mais eficaz para se obter melhores resultados.

2.4 Sistemas Multiagentes

Um SMA é composto por um ambiente E , um conjunto de objetos O (que podem ser criados, modificados e destruídos pelos agentes), um conjunto de agentes A (que são objetos específicos, $A \subseteq O$), um conjunto de relações R (que ligam os objetos), e um conjunto de operações Op (que permitem aos agentes perceber, consumir, produzir, transformar e manipular objetos). Segundo Ferber [FER99] podemos classificar os SMA em:

- SMA comunicativo: os agentes que o compõem se comunicam diretamente através da troca de mensagens;
- SMA puramente comunicativo: não existe um ambiente e os agentes apenas trocam mensagens;
- SMA situado: os agentes componentes do SMA estão posicionados em um ambiente;
- SMA puramente situado: além de estarem posicionados em um ambiente, os agentes não se comunicam através de mensagem, apenas através da propagação de sinais.

As interações que ocorrem em um SMA somente são possíveis dentro de uma organização, ao mesmo tempo, a organização só existe devido a essas interações. A organização é simultaneamente o suporte para essas interações e a maneira como elas se manifestam [FER99]. “Uma organização pode ser definida como um arranjo de relacionamentos entre indivíduos que produz um sistema ou unidade”, segundo Morin (1977) em [FER99].

Qualquer organização é o resultado da interação entre seus componentes, e o comportamento dos mesmos são restritos pela estrutura organizacional. A estrutura organizacional é a representação abstrata da organização, e é composta por um conjunto de classes de agentes com papéis definidos e um conjunto de relações abstratas existentes entre esses papéis. O papel ou função que cada agente desempenha na organização indica a sua posição dentro da mesma e também as atividades que deverão ser realizadas por este para que a organização alcance seus objetivos.

Dependendo do nível organizacional que utilizamos para a visualização, um agente composto por outros agentes pode ser visto em um determinado nível como uma entidade individual e em outro nível mais baixo como uma entidade coletiva, de modo geral, um agente é uma entidade individual e um SMA é uma entidade coletiva. O conceito de níveis organizacionais nos permite visualizar uma organização através de granularidades diferentes. Um nível de granularidade pode ser embutido dentro de outro e assim sucessivamente.

2.5 Organizações

A organização pode ser vista como uma interface entre o ambiente interno (*inner*) da mesma e o ambiente externo (*outer*) [SHM99]. As relações entre o ambiente interno e o ambiente externo podem ser passivas ou ativas, essas relações são causas diretas da geração de novos estados tanto no ambiente interno quanto no ambiente externo à organização — Figura 2.1. Ainda, essas relações são responsáveis pela organização alcançar seus objetivos e satisfazer os outros componentes do ambiente externo. Mas para que isso ocorra é necessário a estruturação física e conceitual da organização, a coordenação das ações e recursos, e o planejamento estratégico.

O ambiente interno da organização é composto por recursos humanos, recursos não humanos (matéria-prima, tecnologia, capital, etc), estrutura física (local físico onde os recursos situam-se e operam), estrutura conceitual (os conceitos que orientam os comportamentos e ações dos indivíduos), conjunto de tarefas-meio (tarefas de suporte ao alcance dos objetivos mas que não atuam diretamente sobre eles) e um conjunto de tarefas-fins (tarefas que atuam diretamente no alcance dos objetivos).

O ambiente externo à uma organização é constituído pelas percepções dos componentes internos de uma organização sobre os demais componentes da sociedade e também pelos modelos conceituais que esses possuem sobre o mundo real [SHM99]. O sucesso de uma organização é devido à capacidade dos componentes internos da mesma perceberem as mudanças no ambiente externo, através das relações (ativas e passivas), e adaptarem-se a elas. Através dessas relações a organização obtém o

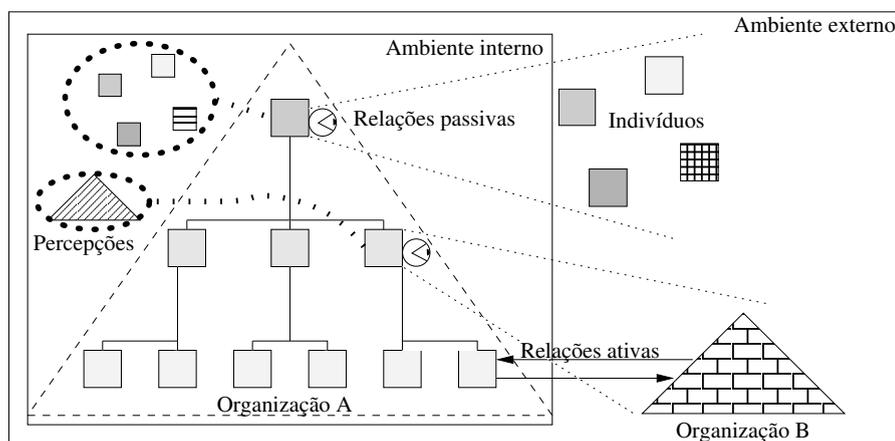


Figura 2.1: Relações ativas e passivas entre o ambiente interno e o ambiente externo, e internalizações sobre o ambiente externo.

conhecimento necessário para tornar-se competitiva no mercado em que atua. O conhecimento obtido pode ser utilizado para criar novos modelos conceituais sobre o mundo real ou então refinar os conceitos existentes.

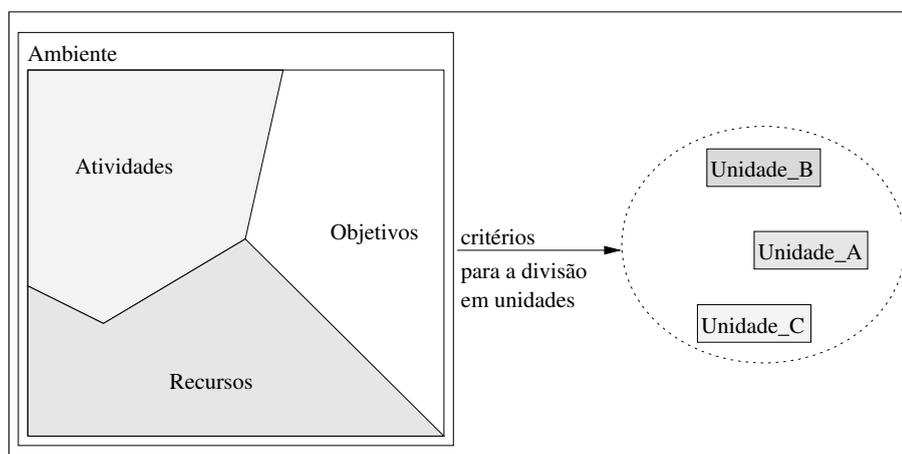


Figura 2.2: Divisão das atividades da organização através dos critérios.

É através da coordenação e da divisão das atividades no ambiente interno de uma organização que as mesmas alcançam seus objetivos. A organização necessita de uma estrutura que possibilite a divisão das atividades para gerar unidades — Figura 2.2 — que são passíveis à coordenação. Na divisão das atividades os seguintes critérios podem ser utilizados [SHM99]:

- i função: diferentes especialidades e diferentes tipos de recursos utilizados para desempenhar uma determinada função;

- ii produto: as diversas especialidades necessárias à produção de um bem ou serviço;
- iii cliente e mercado: a satisfação das necessidades do mercado ou a melhoria do serviço prestado ao cliente se tornam os objetivos da organização;
- iv geográfico: organizações podem estar dispersas em extensas áreas geográficas;
- v projeto: quando o produto necessita de grande quantidade de recursos ou quando a organização é fortemente influenciada pelo desenvolvimento tecnológico;
- vi processo: a sequência do processo produtivo define o agrupamento;
- vii matriz: quando utiliza-se os critérios função e produto para atender um cliente.

A aplicação desses critérios no ambiente interno de uma organização gera duas classes de unidades menores: a unidade administrativa e a unidade executora. As unidades administrativas são responsáveis pelo planejamento organizacional e pela coordenação das atividades. As unidades executoras são responsáveis pela execução das tarefas operacionais da organização, que incluem as tarefas-fins e as tarefas-meio.

Os planos estratégicos e táticos criados pelas unidades administrativas e a visão do todo organizacional atuam como padrões que orientam os comportamentos das unidades, distribuindo as responsabilidades de coordenação e execução das atividades pelas unidades administrativas e executoras. A divisão das atividades que geram unidades menores juntamente com a visão do todo organizacional e o planejamento estratégico e tático conduzem a uma estrutura hierárquica no ambiente interno da organização.

Em relação à arquitetura da organização, essa diz respeito a forma como as unidades podem se relacionar para alcançar seus objetivos através da cooperação. As unidades se relacionam através dos canais formais e informais — Figura 2.3. Os canais formais são utilizados pelos fluxos formalizados e regulados de autoridade, de informação ou matéria (gerados pelas unidades de forma hierárquica), e os canais informais são utilizados pelos fluxos não formalizados e não regulados de autoridade, de informação ou matéria (gerados pelos sentimentos e interesses individuais).

A coordenação é a forma de assegurar que a cooperação entre as unidades da organização exista. Através da coordenação os recursos do ambiente são gerenciados e as tarefas são atribuídas de forma que seja possível alcançar o objetivo final. Os mecanismos de coordenação utilizam-se tanto dos canais formais quanto dos canais informais — Figura 2.4. Dentre os mecanismos de coordenação pode-se citar:

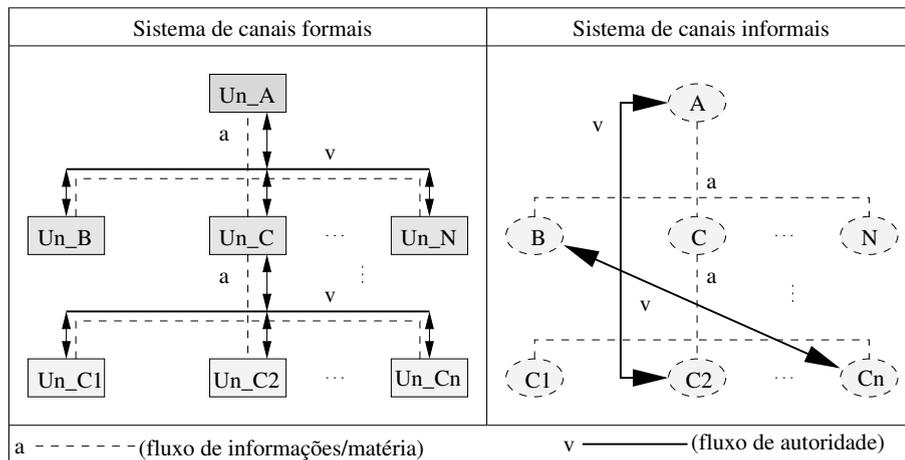


Figura 2.3: Canais formais e informais da organização.

coordenação por ajuste mútuo, nesse tipo de mecanismo o canal informal é utilizado e as unidades tentam adaptar-se às novas situações por si mesmas, utilizando a negociação e a argumentação; coordenação por supervisão direta, utiliza o canal formal e é realizada por unidades que controlam diretamente as atividades e recursos das outras unidades de nível hierárquico inferior; coordenação por padronização, também utiliza o canal formal e a coordenação ocorre através de regras e padrões que são adotados pelas unidades (normalização de processos, padrão de qualidade e treinamento dos indivíduos).

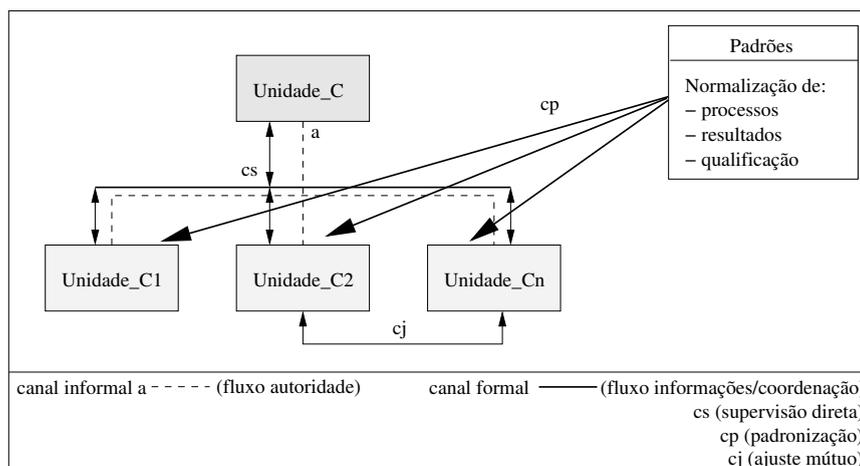


Figura 2.4: Mecanismos de coordenação existentes em uma organização.

2.6 ARTOR - ARTificial ORganizations

Concebido com a finalidade de ter-se um ambiente que permita a simulação de uma sociedade constituída por organizações artificiais nas múltiplas dimensões intra e interorganizações, o ARTOR [SHM99] foi desenvolvido no paradigma da programação lógica. Segundo as especificações providas na Seção 2.5, o ambiente interno de uma organização pode ser modelado através da divisão de tarefas de uma organização, dos mecanismos de coordenação e dos canais de comunicação. Nesta seção será apresentada uma organização modelada através do ARTOR assim como os componentes internos e externos.

2.6.1 Arquitetura

No ARTOR, basicamente existem três tipos de agentes: os agentes envolventes, agentes gestores e agentes executores. As organizações artificiais são representadas pelos agentes envolventes. Cada organização artificial possui em seu ambiente interno, agentes gestores responsáveis pela coordenação e planejamento, agentes executores responsáveis pelas tarefas operacionais das organizações, e a Base de Conhecimento Corporativa que contém o conhecimento acerca da organização. Os componentes da sociedade são distribuídos e descentralizados, que atuam de acordo com suas capacidades cognitivas.

A comunicação entre os componentes da sociedade pode ocorrer de três maneiras:

- ponto a ponto: quando um componente conhece o endereço do componente a quem ele deseja enviar a mensagem e o faz diretamente;
- ponto a multi-ponto: quando um componente endereça uma mensagem para mais de um componente, sendo necessário conhecer o endereço dos componentes que receberão a mensagem;
- *News-Stand* (Quiosque): quando um componente deseja divulgar uma notícia para toda a sociedade mesmo sem conhecer todos os componentes da mesma. É utilizado o *News-Stand* que é um quadro-negro (*Blackboard*) conhecido e acessível por todos os componentes da sociedade. É através das mensagens anunciadas no *News-Stand* que surgem as oportunidades de negócio entre as organizações.

2.6.2 Definição

A sociedade no ARTOR existe em primeiro lugar num plano abstrato, onde têm-se os modelos do mundo e do ARTOR, seus artefatos e localização dos mesmos, e relações entre os modelos e artefatos; a esse conhecimento é denominado o termo Base de Conhecimento. A Base de Conhecimento contém o conhecimento simbólico no domínio do sistema, representado através de redes semânticas e é composta por módulos (descritores), onde:

- Descritor Global: descreve o modelo global do conhecimento, contém meta conhecimento sobre o ARTOR;
- Descritor do Mundo: descreve o modelo conceitual do mundo;
- Descritor dos Modelos: contém conhecimento sobre o modelo conceitual dos modelos;
- Descritor dos Artefatos: descreve o modelo dos artefatos (*hardware* e *software*) para desenvolvimento e execução do sistema;
- Descritor do Modelo ARTOR: descreve o modelo conceitual dos elementos da sociedade suportado pelo sistema ARTOR;
- Descritor dos Artefatos ARTOR: descreve o modelo instanciado dos artefatos que fazem parte de uma execução do sistema ARTOR.

O conhecimento contido na Base de Conhecimento não abrange o conhecimento sobre o ambiente interno dos componentes da sociedade e desconhece o conteúdo dos mesmos; cada componente possui seu próprio conhecimento. A Base de Conhecimento é utilizada para explicar o sistema ARTOR e também para estruturar e carregar dinamicamente o ambiente para execução. Uma execução do sistema ARTOR é uma instância dos conceitos e artefatos definidos nos descritores — Figura 2.5.

As organizações que são representadas no ARTOR pelos agentes envolventes são criadas a partir de um modelo de arquitetura genérica (*artor_standard_cover_agent*). O que diferencia os agentes envolventes são as bases de conhecimento que cada organização possui. A partir dessa base de conhecimento corporativo os agentes que compõem as organizações são lançados — Figura 2.6.

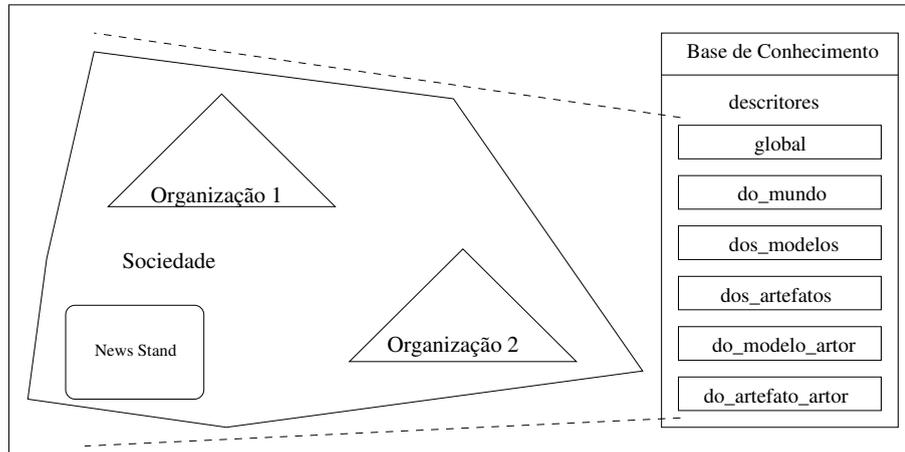


Figura 2.5: Lançamento de uma sociedade através da base de conhecimento.

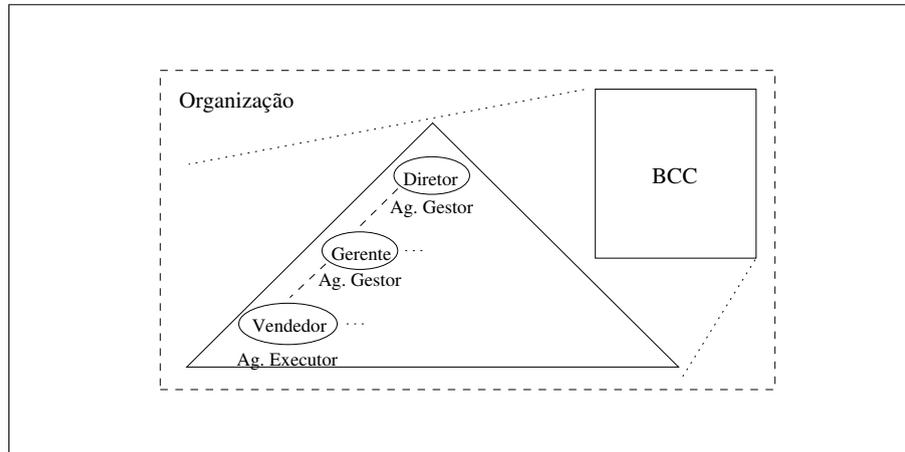


Figura 2.6: Lançamento dos componentes internos de uma organização através da Base de Conhecimento Corporativo.

2.6.3 Agente Envolvente

Conceitualmente um agente envolvente é definido pelo par ordenado (Ckb, Ags) cujos elementos constituem a competência da organização, onde:

- i. Ckb é a base de conhecimento coporativo;
- ii. Ags é um conjunto de n agentes, $\{n : n \in \mathbb{N}, n \geq 2\}$.

O Ags é composto por dois tipos de agentes (agentes gestores e agentes executores), definidos por:

- i. Aas , é o sub-conjunto dos agentes gestores, $Aas \subset Ags$;

ii. Eas , é o sub-conjunto dos agentes executores, $Eas \subset Ags$.

Logo, uma organização é uma tripla (Aas, Eas, Ckb) ($Aas \neq \emptyset$, $Eas \neq \emptyset$ e $Ckb \neq \emptyset$).

Existem duas dimensões fundamentais para uma organização: a dimensão vertical que diz respeito aos sub-domínios das atividades organizacionais que são produzidos através da aplicação de critérios — ver Seção 2.5; e a dimensão horizontal que diz respeito à responsabilidade e decisão por componentes da organização.

A dimensão horizontal pode ser constituída pelas seguintes camadas:

- alto nível: planejamento e coordenação da organização como um todo;
- nível intermediário: se existir, é responsável pelo planejamento e coordenação dos sub-domínios;
- baixo nível: responsável pela execução das atividades que compõem os sub-domínios.

Em um agente envolvente os agentes gestores e executores são organizados de acordo com o tipo de ênfase que se quer dar para a estrutura organizacional. Pode-se dar ênfase à hierarquia que é resultado da divisão das atividades e da responsabilidade pelo planejamento e pela realização das tarefas, ou dar ênfase à dinâmica das estruturas da organização que podem ser alteradas devido a uma necessidade do mercado ou a requerimentos de produtos ou serviços oferecidos.

Existem dois tipos de estrutura organizacional: a fortemente hierárquica e a fracamente hierárquica. A primeira estrutura pode ser representada com um grafo acíclico, onde a raiz é a camada de mais alto nível da dimensão horizontal e somente um agente gestor pode exercer essa atividade. Os descendentes podem ser folhas (agentes executores) ou não (agentes gestores) e assim sucessivamente, os agentes gestores e executores representam respectivamente as camadas de nível intermediário e baixo nível da dimensão horizontal — Figura 2.7.

A segunda estrutura pode ser representada por um conjunto de sub-conjuntos disjuntos de grafos acíclicos, onde cada sub-conjunto é composto por uma raiz (agente gestor) e seus descendentes são folhas (agentes executores). Nesse tipo de estrutura a camada de alto nível é representada pela conjunção das raízes dos sub-conjuntos, e a camada de baixo nível é representada pela conjunção das folhas dos sub-conjuntos — Figura 2.7. Para ambas as estruturas os arcos verticais que unem os agentes representam a dimensão vertical, ou seja, a hierarquia de uma competência em relação à outra.

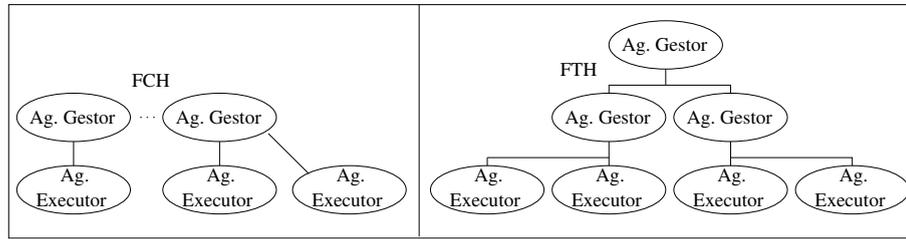


Figura 2.7: Estruturas organizacionais fracamente hierárquicas (FCH) e fortemente hierárquicas (FTH).

Computacionalmente, um agente envolvente — Figura 2.8 — é constituído por uma Base de Conhecimento Corporativo — ver sub-seção 2.6.5 — e um modelo genérico de um agente envolvente (*artor_standard_cover_agent*) que é utilizado por todas as organizações do ARTOR. Esse modelo genérico contém funcionalidades que são utilizadas por todas as organizações, dentre essas funcionalidades pode-se citar: o suporte à comunicação do agente envolvente; a verificação e o lançamento dos componentes internos da organização; o ciclo de vida de um agente envolvente.

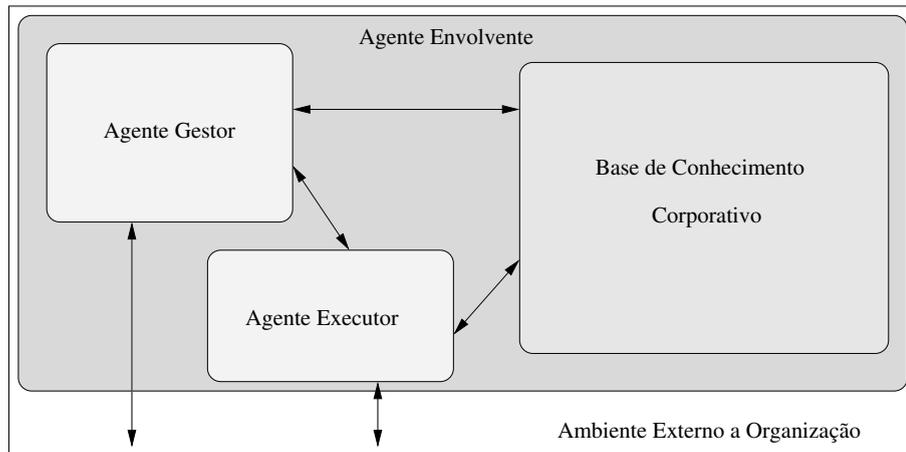


Figura 2.8: Arquitetura do agente envolvente.

2.6.4 Agentes Gestores e Executores

Após o lançamento do agente envolvente, o mesmo procura em sua base de conhecimento corporativo, quem são os componentes do ambiente interno da organização para lançá-los. Como já foi supracitado, os componentes internos de uma organização no ARTOR são compostos por agentes gestores, agentes executores e a Base de Conhecimento Corporativo.

Um agente gestor é definido pelo par ordenado (Ikb, Caa) , onde:

- i. Ikb é a Base de Conhecimento Individual;
- ii. Caa é um conjunto de capacidades representado por $\{\text{planejamento, coordenação, comunicação, aprendizagem}\}$.

Um agente executor é definido pelo par ordenado (Ikb, Cae) , onde:

- i. Ikb é a Base de Conhecimento Individual;
- ii. Cae é um conjunto de capacidades representado por $\{\text{especialidade, comunicação, aprendizagem}\}$.

Deve-se observar que os elementos dos pares ordenados (Ikb, Caa) e (Ikb, Cae) constituem respectivamente as competências dos agentes gestores e executores. Os mesmos se utilizam do mesmo modelo genérico (*artor_standard_adm_exe_agent*) — Figura 2.9 — que contém as funcionalidades básicas de um agente como:

- criação da janela de mensagem do agente;
- gerenciamento das capacidades de um agente¹;
- ciclo de vida do agente;

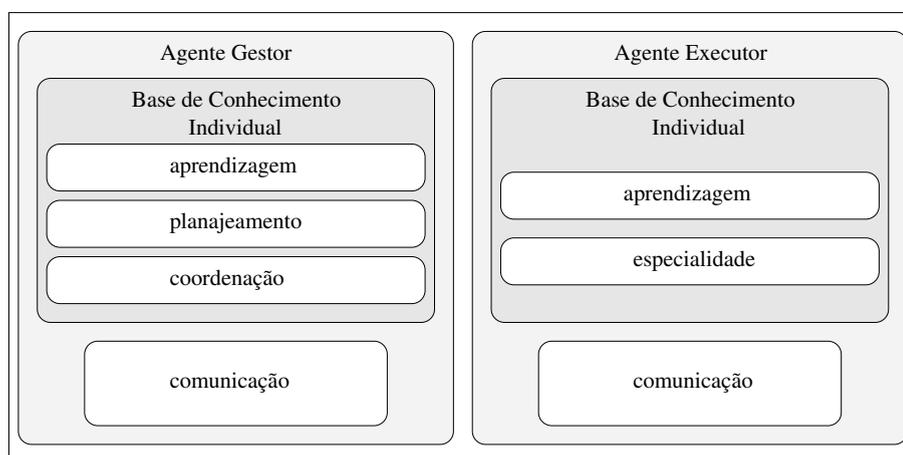


Figura 2.9: Exemplo de arquitetura para um agente gestor e para um agente executor.

O que diferencia os agentes gestores e executores são as competências contidas nas Bases de Conhecimento Individual que cada um possui — ver Figura 2.9. No ARTOR, as competências/capacidades são módulos independentes codificados em Prolog o que garante um alto grau de liberdade ao sistema, sendo possível alterar e adicionar facilmente novas competências/capacidades aos agentes.

¹A prioridade de cada capacidade para um determinado agente está indicada na Base de Conhecimento Corporativo

2.6.5 Conhecimento no ARTOR

O conhecimento existente em uma organização artificial pode ser dividido em duas categorias, o conhecimento corporativo e o conhecimento individual. O conhecimento corporativo é representado no agente envolvente pela Base de Conhecimento Corporativo e diz respeito ao conhecimento que a organização adquire ao longo do tempo através da interação dos indivíduos pertencentes a esta, tanto com o ambiente interno quanto com o ambiente externo da organização², o conhecimento corporativo não pertence a nenhum componente da organização mas ajuda a orientar os comportamentos dos mesmos [SHM99]. O conhecimento individual é representado pela Base de Conhecimento Individual que cada agente gestor e executor possui, ele diz respeito às competências e aos conhecimentos específicos para desempenhar tais competências.

A Base de Conhecimento Corporativo é composta pelo conhecimento interno (*Self Model*) da organização, ou seja, planos gerados pelos agentes gestores de alto nível da dimensão horizontal, missão da organização, estilo de negociação, processos, recursos disponíveis, etc, e pelo conhecimento adquirido do ambiente (*Acquaintance Model*) que é representado pelo conhecimento acerca das outras organizações, indivíduos que compõem a sociedade e o modelo da sociedade.

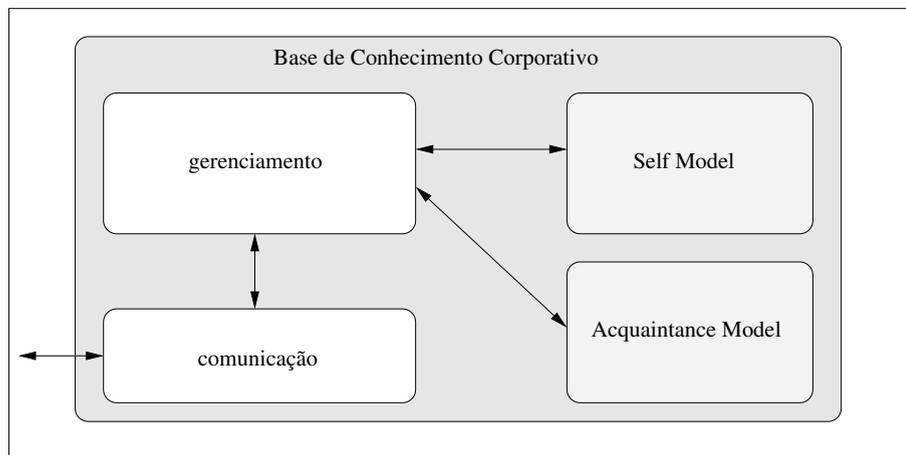


Figura 2.10: Arquitetura da Base de Conhecimento Corporativo.

Computacionalmente, a Base de Conhecimento Corporativo — Figura 2.10 — é uma base de conhecimento representada em fatos Prolog que pode ser alterada dinamicamente e é acessível a partir de todos os agentes componentes do ambi-

²Na atual versão do ARTOR não foram implementadas as capacidades de aprendizagem dos agentes gestores e executores.

ente interno da organização³. A Base de Conhecimento Corporativo apresenta as seguintes capacidades:

- comunicação;
- gerenciamento da base de conhecimento.

Através da capacidade de gerenciamento a Base de Conhecimento Corporativo mantém a integridade da base e gerencia as solicitações dos agentes internos à organização, essas solicitações dizem respeito à busca de um conhecimento específico ou ao armazenamento de um conhecimento adquirido pelos mesmos.

2.6.6 Quiosque — *News Stand*

O quiosque (*News Stand*) é um artefato de *software* conhecido e acessível por todos os componentes da sociedade e tem como objetivo principal ser um local de afixação de notícias. No quiosque os componentes da sociedade podem tanto enviar notícias para serem afixadas quanto buscar por notícias que sejam de interesse da organização.

Computacionalmente, o quiosque — Figura 2.11 — é representado por um *Blackboard* e possui as seguintes capacidades:

- receber e afixar notícias se as mesmas passarem pela verificação da data de validade da mensagem;
- deixar disponível e repassar as notícias se as mesmas estiverem disponíveis;
- gerenciar as notícias em relação à validade, quantidades disponíveis e agentes da sociedade que já acessaram a mensagem.

2.6.7 Comunicação

A comunicação no ARTOR está implementada no módulo *artor_comm_m1* através de uma biblioteca de *sockets* na linguagem C. Existem dois níveis de comunicação que são tratados pelo módulo de comunicação: o nível básico que diz respeito ao envio e recebimento de mensagens; o nível que representa os canais formais e informais de uma organização — ver Seção 2.5. Uma mensagem no ARTOR possui o seguinte formato:

³Cada agente pode acessar uma parte específica da Base de Conhecimento Corporativo de acordo com seu nível de responsabilidade e decisão por segmentos da organização ou por toda ela.

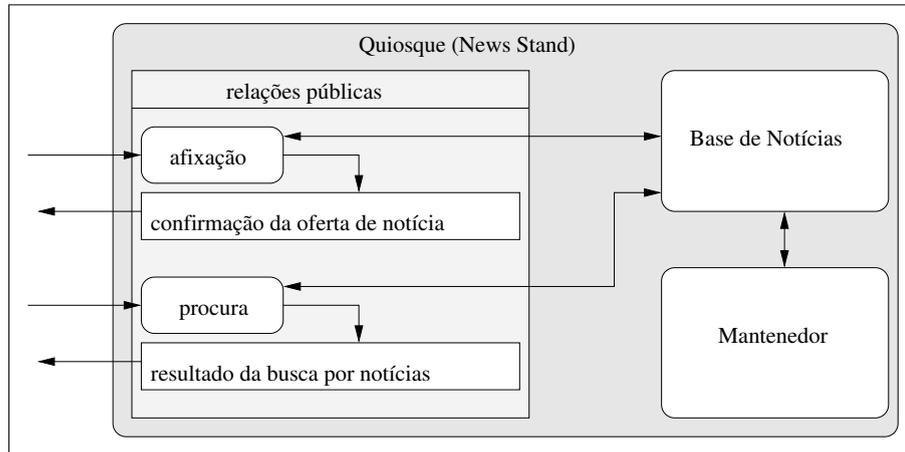


Figura 2.11: Arquitetura do Quiosque (*News Stand*).

$\mathbf{Msg} = [message_type, message_content]$

$\mathbf{message_type} = \{outer_message, inner_message\}$

- *outer_message*: indica uma mensagem inter organização;
- *inner_message*: indica uma mensagem intra organização.

$\mathbf{message_content} = (Mensagem, Hostname, PortNumber)$

- *Mensagem*: é o conteúdo da mensagem;
- *Hostname*: é o nome da estação de trabalho do agente que emitiu a mensagem;
- *PortNumber*: é o número da porta de comunicação utilizada pelo agente emissor.

2.6.8 Coordenação

A coordenação em um agente envolvente é feita através das três metodologias apresentadas na Seção 2.5, têm-se:

- padronização;
- supervisão direta;
- ajuste mútuo.

A capacidade de coordenação está implementada no módulo *artor_coor_c1* que é utilizado pelos agentes gestores e executores. A coordenação por padronização

é feita através dos planos (fatos em Prolog), que estão na BCC, que são vistos como padrões a serem seguidos pelos agentes gestores e executores. A coordenação por supervisão direta ocorre quando um agente gestor delega uma tarefa para um agente subordinado e supervisiona-a até o término da mesma. A coordenação por ajuste mútuo ocorre quando um agente executor que foi encarregado de realizar uma determinada tarefa não tem possibilidade de cumprir a mesma, neste caso o agente gestor procura por outro agente executor dentro da organização que possua as competências necessárias para cumprí-la, e caso não encontre, é necessário o replanejamento da tarefa através da instanciação de um novo agente executor, ou então, através do remanejamento do período de execução da tarefa.

2.7 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados, de forma sucinta, alguns conceitos sobre agentes, Sistemas Multiagente, cooperação e organizações. Ainda, o *SMA ARTOR* que simula uma sociedade de organizações artificiais foi detalhado e sua arquitetura foi explorada.

Uma execução do ARTOR é uma instância dos conhecimentos contidos nos descritores que descrevem o mundo. Similarmente, as organizações e os componentes internos da mesma estão descritos na Base de Conhecimento Corporativo que é utilizada para o lançamento de uma determinada organização. Ainda, cada agente de uma organização possui uma Base de Conhecimento Individual e competências que são representadas por módulos em Prolog. Toda essa estrutura de descritores e bases de conhecimento tornam o ARTOR modular. Sendo assim, novas competências podem ser adicionadas facilmente ao sistema.

Como visto em [SHM99], as Bases de Conhecimento Corporativo e Individual podem ser utilizadas em conjunto com um mecanismo de aprendizagem, para manterem-se atualizadas diante das novas tendências do mercado em que a organização atua, ou então, para refinar suas competências⁴ para tornar a organização mais competitiva.

⁴Nesta versão não foram implementados os mecanismos de aprendizagem

Capítulo 3

Lógica Paraconsistente em Sistemas Multiagentes

3.1 Considerações Iniciais

O fenômeno da inconsistência é natural ao mundo real e a todos que fazem parte dele. O ser humano consegue tratar a inconsistência de maneira satisfatória; quando ocorre uma inconsistência, o mesmo, sabiamente, sempre tenta obter mais informações que o ajudem a sair desse estado.

Um exemplo da literatura [COS99], é aquele em que uma pessoa está atravessando uma região pantanosa, e recebe uma informação visual — ocorrência de vegetação rasteira — de que o solo à sua frente é firme, mas para confirmar essa informação ela utiliza um pequeno galho de árvore, e então descobre que o solo não é tão firme quanto aparentava. Se avançar ela poderá ficar presa, então, ao ocorrer esse conflito de informações a pessoa poderá buscar novas evidências através de novos testes. Pode verificar a dureza do solo com um galho maior, ou então jogar uma pedra. Após obter informações suficientes para sair do estado de inconsistência, ela irá tomar uma decisão adequada, seja avançar com cautela ou procurar um novo caminho. Sendo assim, a eliminação da inconsistência — como é feita em diversos sistemas computacionais — pode não ser a melhor alternativa, uma vez que informações importantes poderiam ser eliminadas.

Neste capítulo serão apresentados conceitos sobre a Lógica Paraconsistente (*LP*) e também será apresentado o sistema Pandora e a arquitetura ParaNet, ambos *SMA*'s que utilizam a *LP* para tratar as inconsistências encontradas nos problemas para os quais foram criados.

3.2 Lógica Evidencial Paraconsistente

A Lógica Paraconsistente (*LP*) foi criada independentemente pelo lógico polonês S. Jaskowski e pelo lógico brasileiro N. C. A. da Costa em 1948 e 1954, respectivamente. Na *LP* o princípio da contradição — de duas proposições contraditórias uma é obrigatoriamente falsa — não é levado em consideração. Ao contrário da Lógica Clássica, na *LP* é possível representar e realizar inferências sobre informações contraditórias, e também distinguir as situações onde uma determinada proposição é realmente falsa de uma em que não se tem conhecimento suficiente para se chegar a uma conclusão. A conclusão lógica obtida pode ser muito útil em tomadas de decisões em que não há informações suficientes, ou existem informações contraditórias.

Seja T uma teoria fundada sobre uma lógica L , e suponhamos que a linguagem de T e de L contenha o símbolo para a negação. A teoria T é inconsistente se ela possuir teoremas contraditórios, isto é, um é a negação do outro. Caso contrário, diz-se que T é consistente. Uma teoria T é trivial se todas as fórmulas de L forem teoremas de T , ou seja, tudo o que puder ser expresso na linguagem de T puder ser provado em T ; caso contrário, T diz-se não-trivial. Na maioria dos sistemas lógicos usuais é impossível distinguir a proposição verdadeira da falsa, pois, qualquer proposição pode ser provada em T . Uma lógica L é chamada Paraconsistente se puder servir de base para teorias inconsistentes mas não triviais.

O ParaLog_e [AVI97] é um interpretador escrito na linguagem Prolog baseado no Paralog [COS95]. O ParaLog_e utiliza os conceitos da Programação Lógica Evidencial Paraconsistente (*PLEP*) baseada em uma *Lógica Anotada* de anotação dupla infinitamente valorada [SUB87, BLA87, BLA88]. Na *LEP*, uma proposição p está associada a dois fatores evidenciais ($[\mu_1, \mu_2]$) que representam, respectivamente, a quantidade de *crença* e *descrença* daquela proposição. Os fatores evidenciais pertencem ao intervalo $[0, 1]$, ou seja, são infinitamente valorados. Os valores-verdade são compostos pelos fatores evidenciais e pertencem ao reticulado $\tau = \langle |\tau|, \leq \rangle$, onde:

$$|\tau| = \{\mu_1 \in \mathfrak{R} | 0 \leq x \leq 1\} \times \{\mu_2 \in \mathfrak{R} | 0 \leq x \leq 1\}.$$

O reticulado τ pode ser representado através do diagrama de Hasse — Figura 3.1. No reticulado pode-se observar um ponto máximo $[1, 1]$ que indica a inconsistência (\top), um ponto mínimo $[0, 0]$ que indica a indeterminação (\perp), a verdade (v) é representada pelo ponto $[1, 0]$ e o falso (f) é representada pelo ponto $[0, 1]$. O estado de inconsistência ocorre quando acredita-se tanto na verdade quanto na falsidade de uma proposição em um determinado instante de tempo. O estado de indeterminação ocorre quando não há informações sobre a verdade nem sobre a falsidade. O estado

de verdade ocorre quando acredita-se totalmente na verdade e não há nenhuma informação que suporte a falsidade, por sua vez o estado de falsidade é o oposto.

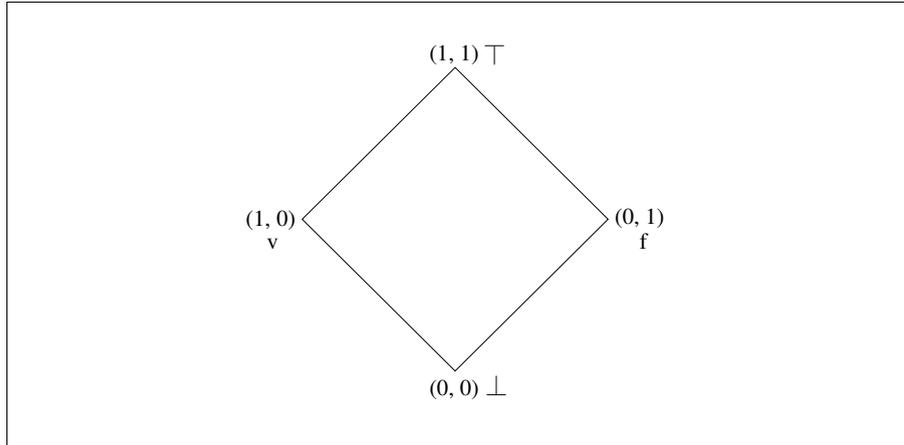


Figura 3.1: Reticulado representado através do Diagrama de Hasse.

Dada a proposição “João matou Pedro”, temos:

- Se anotarmos com $[1, 1]$, existe uma inconsistência na proposição, alguém forneceu uma informação de João estava com Pedro no momento do crime, enquanto outra pessoa afirmou que naquele momento João estava no cinema;
- Se anotarmos com $[0, 0]$, ninguém soube dizer onde João estava, ninguém viu João com Pedro nem em outro lugar;
- Se anotarmos com $[1, 0]$, crê-se totalmente que João matou Pedro, alguém informou que João estava com Pedro e viu o crime ocorrer;
- Se anotarmos com $[0, 1]$, crê-se totalmente que João não matou Pedro, alguém informou que João não estava com Pedro no momento do crime;

O resultado de uma inferência no *Paralog_e* é o fechamento [BLA88] dos fatores evidenciais do predicado que foi consultado na inferência. É possível obter o *grau de contradição* (G_{ct}) e o *grau de certeza* (G_c) a partir do *grau de crença* e do *grau de descrença* de uma proposição.

O G_{ct} é o valor que representa, no reticulado, a distância entre os dois estados extremos *inconsistente* e *indeterminado* — Figura 3.2 — e é obtido por:

$$G_{ct} = \mu_1 + \mu_2 - 1, \text{ para: } 0 \leq \mu_1 \leq 1 \text{ e } 0 \leq \mu_2 \leq 1$$

O G_c é o valor que representa, no reticulado, a distância entre os dois estados extremos *verdadeiro* e *falso* — Figura 3.3 — e é obtido por:

$$G_c = \mu_1 - \mu_2, \text{ para: } 0 \leq \mu_1 \leq 1 \text{ e } 0 \leq \mu_2 \leq 1$$

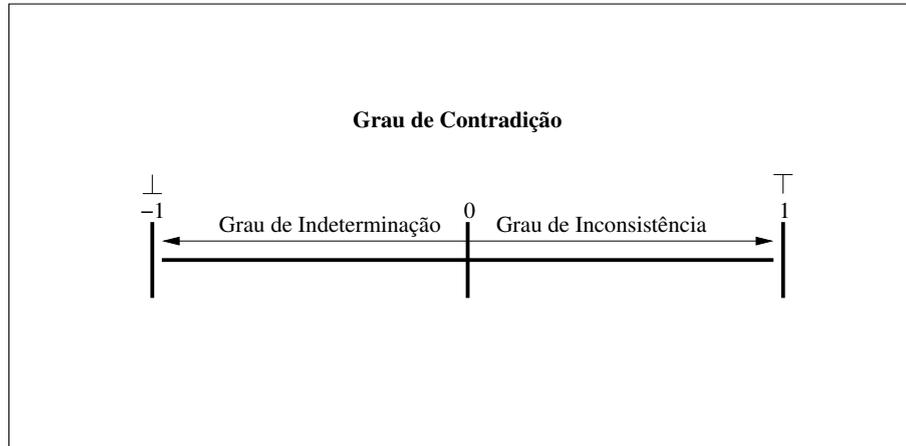


Figura 3.2: Representação do grau de contradição.

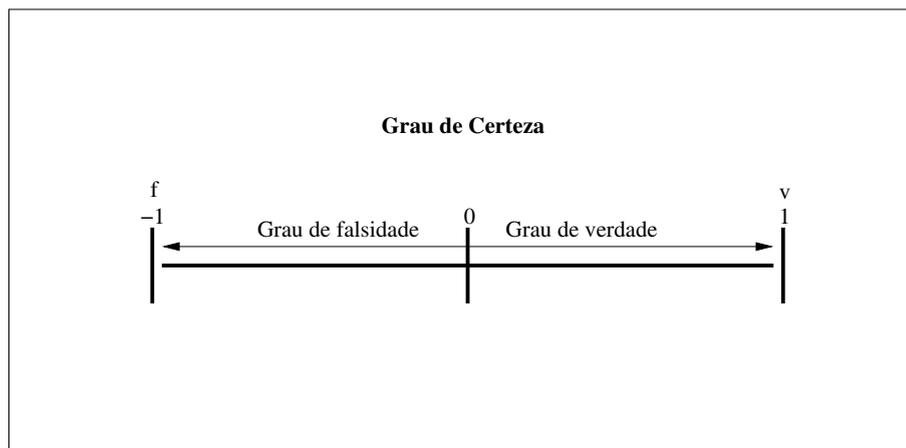


Figura 3.3: Representação do grau de certeza.

Ao inter-relacionarmos o G_{ct} e o G_c em dois eixos, obtêm-se o reticulado τ representado com valores que podem ser quantificados e equacionados — Figura 3.4. Essa representação é útil para obter o estado lógico discretizado de uma inferência. O algoritmo Para-Analisador [COS99] realiza uma discretização do G_{ct} e do G_c interpolando-os nesse reticulado e o ponto de encontro é o estado lógico resultante.

A discretização é realizada pelo Algoritmo Para-Analisador [COS99] que baseia-se no reticulado que é dividido em áreas que correspondem a um estado lógico. O G_{ct} e o G_c são interpolados no reticulado e o ponto de encontro está contido em uma área que corresponde a um estado lógico. Os limites que indicam os estados extremos podem ser regulados utilizando os valores de controle — Figura 3.5.

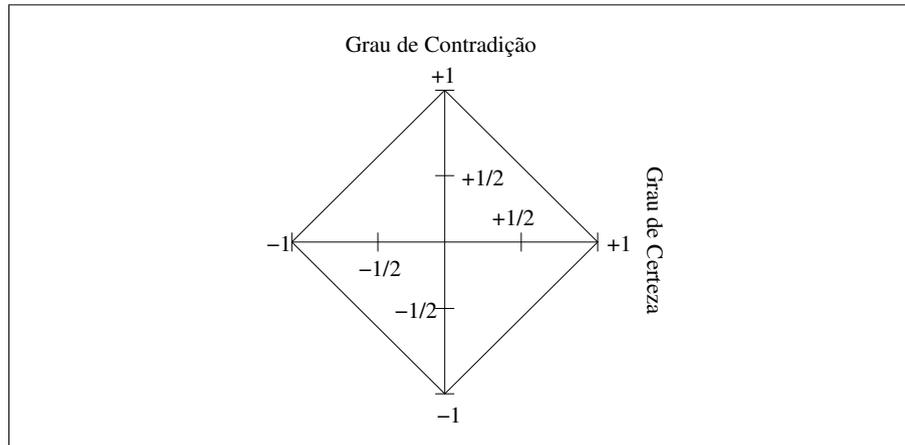


Figura 3.4: Representação do G_{ct} e do G_c inter-relacionados.

Existem quatro valores de controle:

- V_{scc} (*Valor Superior de Controle de Certeza*): limita o grau de certeza próximo ao verdadeiro;
- V_{icc} (*Valor Inferior de Controle de Certeza*): limita o grau de certeza próximo ao falso;
- V_{sct} (*Valor Superior de Controle de Contradição*): limita o grau de contradição próximo ao inconsistente;
- V_{ict} (*Valor Inferior de Controle de Contradição*): limita o grau de contradição próximo ao indeterminado.

É possível definir um reticulado com mais estados lógicos de acordo com as necessidades da aplicação. Quanto mais estados lógicos maior será a precisão na análise do G_{ct} e do G_c . Exemplo de um reticulado com 12 estados lógicos — Figura 3.6.

Onde:

- \top : inconsistente;
- $\top \rightarrow v$: inconsistente tendendo a verdade;
- $\top \rightarrow f$: inconsistente tendendo a falso;
- v : verdade;
- $Qv \rightarrow \top$: quase verdade tendendo a inconsistente;

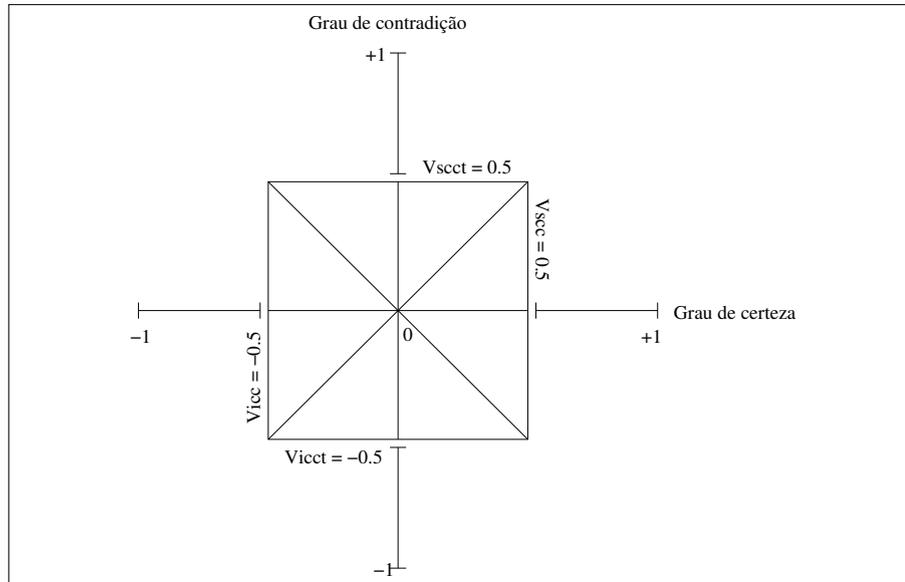


Figura 3.5: Exemplo de controle de limites com os limites configurados para 0.5 e -0.5 representado no gráfico de G_{ct} e G_c .

- $Qv \rightarrow \perp$: quase verdade tendendo a indeterminado;
- f : falso;
- $Qf \rightarrow \top$: quase falso tendendo a inconsistente;
- $Qf \rightarrow \perp$: quase falso tendendo a indeterminado;
- \perp : indeterminado;
- $\perp \rightarrow v$: indeterminado tendendo a verdade;
- $\perp \rightarrow f$: indeterminado tendendo a falso.

3.3 Aplicações da Lógica Paraconsistente em SMA

A *LP* obtêve bons resultados em inúmeras aplicações de várias áreas da computação como por exemplo em reconhecimento de imagens [ENE99], representação de conhecimento [AVI96], tratamento de textos [SAN03].

3.3.1 Pandora

Multicheck [SCA98] é um SMA que foi criado com a finalidade de validar cheques bancários brasileiros manuscritos, automaticamente, através de análise e tratamento

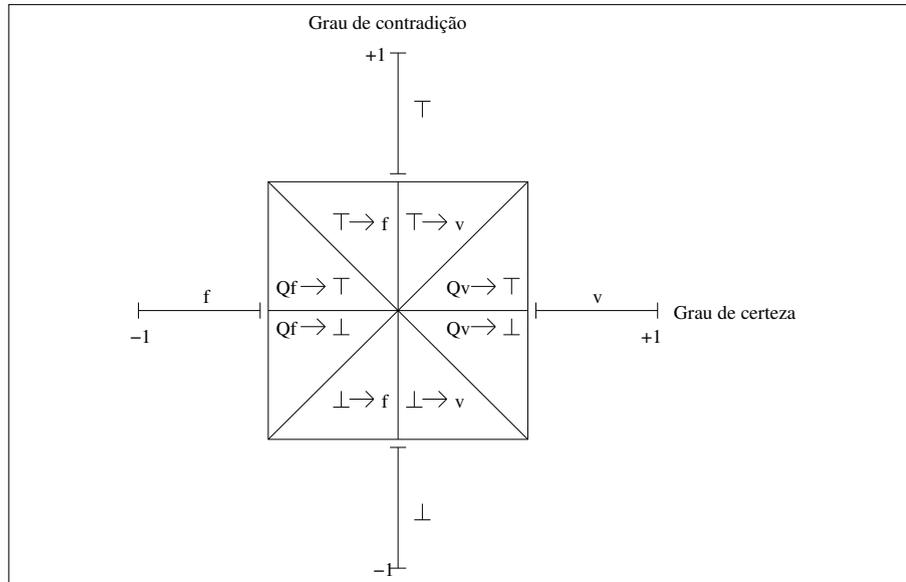


Figura 3.6: Reticulado com 12 estados lógicos representados no gráfico de G_{ct} e G_c .

de imagens.

Neste trabalho um Sistema Multiagente configura-se pela reunião de um conjunto de agentes autônomos e altamente especializados. Eles cooperam para alcançar um objetivo comum, resliver conflitos, articular ações coordenativas ou simplesmente trocar informações para interpretar/validar uma situação [ANG01].

A arquitetura do Multicheck define três tipos agentes:

- *agente de segmentação*: cria um modelo lógico de um cheque, existem dois agentes que pertencem a esta classe o agente numérico e literal, que são responsáveis, respectivamente, pelos campos numérico e por extenso de um cheque;
- *agente de reconhecimento*: reconhece os campos lógicos extraídos de um cheque;
- *agente de análise*: aceita ou rejeita um cheque conforme a interpretação de todos os agentes de reconhecimento;
- *agente de gerência*: monitora a evolução da rede de agentes.

O sistema Pandora [ANG01] baseia-se na arquitetura do Multicheck, e utiliza a *LP* na implementação de mecanismos de raciocínio, que são utilizados para validar ou interpretar informações obtidas pelos algoritmos de reconhecimento de padrões. A interpretação dos campos lógicos numérico e literal podem ser efetuadas de maneira

interativa e aproximativa, onde os agentes numérico e literal interagem trocando crenças e raciocinando sobre elas. O processo de reconhecimento refere-se aos algoritmos de classificação aplicados sobre um determinado campo lógico. A entrada destes processos são imagens e as saídas são tuplas $\langle n, [\mu, \nu] \rangle$ que possuem a evidência favorável (μ) e a evidência contrária (ν) de que n seja um determinado dígito no caso do agente numérico ou palavra no caso do agente literal.

Um processo de interpretação/validação tem como entrada um conjunto de padrões obtido em um processo de reconhecimento, e a interpretação de cada conjunto de padrões é realizada de maneira interativa, aproximativa e distribuída. Os agentes comunicam suas conclusões ao agente analisador, que considera unicamente, os valores evidenciais favoráveis e contrários, para aceitar ou rejeitar as conclusões fornecidas pelos agentes de reconhecimento dos campos lógicos.

No funcionamento do tratamento de um campo lógico de um cheque, o módulo de reconhecimento de um dado agente recebe um segmento de imagem σ_i , e decompõe esse segmento em várias partes σ_{ij} , classificadas por meio de classificadores altamente especializados, as saídas no formato: $\langle \sigma_{ij} \in N_k : [\mu_j, \nu_j] \rangle$, onde $\mu_j, \nu_j \in [0, 1]$, e representam coeficientes de evidência favorável e contrária em relação a classe que pertence uma dada parte do segmento da imagem.

Através de operadores e conceitos da lógica evidencial paraconsistente, a interpretação dos valores evidenciais é feita, onde as evidências são mapeadas na forma de graus de certeza por meio da seguinte função:

$$c([\mu_j, \nu_j]) = \mu_j - \nu_j = \chi_{ij}$$

O grau de certeza χ_{ij} é associado a cada segmento σ_{ij} classificado. Com base no grau de certeza que o agente possui sobre as informações do campo lógico que está sendo reconhecido é tomada a decisão de quando ou com quem um agente irá interagir.

As regras dos agentes numérico e literal são utilizadas pelos agentes para decidir quando enviar uma determinada informação, enviar um resultado, solicitar nova segmentação, etc. As regras do agente analisador representa o conhecimento utilizado pelo agente para classificar um cheque como aceito ou rejeitado.

As informações trocadas entre os agentes podem resultar em novos coeficientes evidenciais, em especial por meio de combinações sucessivas. As combinações sucessivas de informações podem ocorrer durante a segmentação local de um determinado campo lógico — combinação simples — ou durante a interpretação de dois ou mais campos lógicos que interagem entre si — combinação compartilhada.

A combinação simples consiste na combinação de diferentes segmentações e classificações sobre o mesmo campo lógico, onde o *agente de segmentação* identifica,

extrai e cria a estrutura lógica de um cheque (data, assinatura, montante literal e montante numérico). Cada valor de uma parte de um segmento de uma imagem, da primeira segmentação, é comparado com cada valor da parte do segmento de uma imagem da segunda segmentação, se essas partes pertencerem a mesma classe, então aplica-se o operador *supremo* (*sup*) sobre os graus de certeza. A tupla da parte do segmento que possui o maior grau de certeza é selecionada. O operador supremo é utilizado porque retorna o maior grau de certeza no processo de seleção. Se essas partes não pertencerem a mesma classe, então é necessário iniciar um processo de trocar informações entre os agentes numérico e literal, no intuito de descobrir qual classificação é a mais correta. Na tomada de decisão, o montante literal tem um peso/importância maior que o montante numérico. A combinação das atuais informações resulta nas tuplas de valores de evidência favorável e contrário, e, nos graus de certeza. Estas informações serão objeto de validação, rejeição ou combinação de acordo com os resultados obtidos.

A combinação compartilhada consiste no compartilhamento/combinação de resultados parciais de diferentes campos lógicos, onde os agentes literal e numérico devem obter exatamente a mesma informação sobre os campos lógicos distintos. Eles podem obter resultados conflitantes e serem levados a interagir para obter uma interpretação consistente e aumentar seus graus de certeza. Os mecanismos utilizados para avaliar a qualidade das informações que os agentes possuem são:

- disjunção: permite combinar valores para aumentar um determinado grau de crença;
- conjunção: permite avaliar um conjunto de valores sobre um dado campo lógico e gerar um único valor;
- grau de certeza: permite estudar individualmente cada parte segmentada de um montante;
- grau de inconsistência/subdeterminação: permite mapear, em apenas um único valor, a inconsistência ou subdeterminação da informação analisada.

No sistema Pandora uma solicitação de segmentação será feita se o grau de certeza for menor que 0.5. Da mesma forma, quando o valor do grau de certeza estiver entre 0.5 e 0.9 será necessário que os agentes troquem informações afim de confirmar uma hipótese ou aumentar o valor referente a um dado grau de certeza. Se o valor do grau de certeza for maior ou igual a 0.9, as informações contidas no cheque são válidas.

3.3.2 ParaNet

O ParaNet [PRA96] é uma arquitetura para sistemas de *IAD* que se utiliza dos princípios e técnicas das arquiteturas de Redes de Contrato e de “Blackboard”, da Lógica Paraconsistente Anotada e das técnicas de programação lógica paraconsistente. Essa arquitetura tem como principais características:

- capacidade de tratar naturalmente o fenômeno da paraconsistência;
- baixo acoplamento entre agentes que compõe o sistema.

O domínio de aplicação dessa arquitetura é a célula manufatura. Uma célula de manufatura é constituída por equipamentos de vários tipos e portes. A arquitetura ParaNet permite que os sistemas computacionais existentes em uma célula de manufatura trabalhem de forma cooperativa, mesmo na presença de inconsistência de dados e resultados.

O ParaNet possui seis tipos de agentes, são eles:

- Usuários: fazem a interface do sistema com os usuários;
- Coordenadores: são responsáveis por decompor as tarefas, recebidas da classe dos agentes usuários, em subtarefas e contratar os agentes capazes de executá-las;
- Planejadores: responsáveis por criar um plano para resolver o problema;
- Atuadores: são os agentes que podem atuar no mundo real, por exemplo, na linha de montagem cada agente atuador é composto por: um robô, uma unidade de controle, um computador e uma mesa de controle;
- Sensores: agentes que fazem o monitoramento do mundo real, por exemplo, sistemas de visão, sensores de proximidade, sensores mecânicos, etc;
- Base de Dados: armazenam informações referentes ao controle das atividades;

A arquitetura do agente ParaNet é semelhante à utilizada no ARCHON [ROD90], nesta arquitetura cada agente é composto por duas camadas, a camada de aplicação que tem por função oferecer ao agente resultados necessários para que este possa cumprir com suas tarefas. Os programas que estão nesta camada não possuem os conhecimentos e os recursos computacionais necessários para cooperar com outros agentes. A outra camada é a de cooperação responsável por coordenar as interações deste agente com os demais agentes da rede, todos os mecanismos de cooperação e

tratamento de inconsistências estão restritos à esta camada, por este motivo resolveu-se chamar esta camada de camada ParaNet. As interações ocorrem através das informações, enviadas ao *Blackboard* pelos agentes, sobre o estado atual do mundo, e também através do compartilhamento de tarefas.

A arquitetura de um agente ParaNet possui os seguintes módulos de programa:

- módulo da aplicação, que corresponde ao processador de tarefas do modelo básico;
- módulo de comunicação, que corresponde ao processador de comunicação do modelo básico;
- módulo de controle, que divide com o módulo de negociação as funções que eram exercidas pelo processador de contrato no modelo básico;
- módulo de negociação, realiza a negociação de acordo com papel do agente (gerente ou candidato a tarefa);
- módulo de paraconsistência, realiza a representação da descrição do mundo através da *LP*;
- módulo de auto-conhecimento, contém informações que descrevem as características do agente;
- módulo de conhecimento social, contém informações recebidas do mundo e dos outros agentes.

O *módulo de comunicação* é responsável por enviar, receber e tratar mensagens de acordo com sua natureza, se a mensagem diz respeito ao processo de negociação, ela é enviada ao módulo de negociação, as mensagens que contêm informações sobre os outros agentes, são enviadas ao *módulo de conhecimento social*, e as mensagens que contêm dados ou soluções parciais são enviadas ao *módulo de paraconsistência*. Desta forma, o modelo de “Blackboard” é utilizado na implementação dos principais módulos de programa. O “Blackboard” da arquitetura ParaNet possui três painéis:

- Painel de Controle: responsável por determinar quando a cooperação é necessária e por controlar a atividade na camada de aplicação;
- Painel de Negociação: responsável por decidir como e quando cooperar com os outros agentes e qual estratégia deve ser empregada durante um processo de negociação;

- Painel de Paraconsistência: responsável por tratar as informações que chegam ao agente através do módulo de comunicação e por manter uma representação do estado em que o mundo se encontra — do ponto de vista do agente.

O Painel de Paraconsistência está dividido em cinco níveis:

- Nível de Entrada de Dados: armazena os dados enviados por outros agentes;
- Nível de Fechamento Amálgama: armazenar dados anotados padronizados;
- Nível de Fechamento Primário: contém dados que passaram pelo primeiro processo de fechamento;
- Nível de Fechamento Secundário: armazena os dados que passaram pelo segundo processo de fechamento;
- Nível de Representação do Mundo: contém a representação do mundo segundo o ponto de vista do agente.

As informações incorretas enviadas pelos sensores, o alto grau de volatilidade de alguns componentes do sistema e a diferença entre o meio de execução e o meio de controle são os principais responsáveis pelo fenômeno da paraconsistência e paracompleteza, que ocorrem com os agentes no domínio de aplicação das células de manufatura. Para tratar estes fenômenos é utilizado o mecanismo de fechamento existente no *módulo de paraconsistência*. Para tratar as inconsistências que possam ocorrer durante o processo de negociação — por exemplo, o envio de duas mensagens distintas para uma mesma tarefa — foi utilizada a linguagem Paralog na programação das pré-condições das Fontes de Conhecimento (*FCn*)¹ do “Blackboard”. O mecanismo de teste das pré-condições utiliza o motor de inferência do Paralog.

O *módulo de paraconsistência* é responsável por tratar a inconsistência das informações oriundas do mundo exterior através de técnicas de amalgamento [ADA93], fechamento [BLA87] e fechamento secundário [PRA96a]. Após todos os tratamentos serem realizados pelas *FCn* responsáveis pertencentes a cada nível do *painel de paraconsistência*, uma descrição do mundo anotada com graus de crença e descrença são armazenados no *nível de representação do mundo*. Essa representação é então analisada por *FCn*'s que determinam o grau de definição e grau de crença na descrição obtida. Se os graus atendem às necessidades da aplicação, a descrição do

¹Na arquitetura “Blackboard” têm-se as *FCn*: os conhecimentos necessários para resolver um problema são divididos e armazenados nas *FCn*, as quais são independentes umas das outras.

mundo é enviada para o *módulo de controle*, para que este repasse à aplicação. Caso contrário uma nova solicitação é enviada ao *módulo de negociação*, que pode solicitar mais dados dos agentes contratados ou então contratar mais agentes.

3.4 Considerações Finais

Sendo a inconsistência natural ao mundo real e facilmente tratada pelo ser humano, não se pode simplesmente eliminá-la dos sistemas computacionais, pois, não podemos afirmar qual proposição é a verdadeira. Muitas vezes as informações inconsistentes podem nos levar a uma tomada de decisão mais eficiente, ou então a uma conclusão mais precisa.

Mas para que a inconsistência seja tratada em um sistema computacional, faz-se necessário ter meios de representar e raciocinar sobre as informações inconsistentes. A *LP* criada por N. C. A. da Costa fornece tais meios e atualmente é utilizada em vários sistemas computacionais, como os supracitados Pandora e ParaNet. Os trabalhos sobre Programação Lógica Paraconsistente desenvolvidos por [SUB87, BLA87, BLA88] foram base para a criação do ParaLog_e e do Paralog, interpretadores que utilizam a *LP*. A utilização dessas linguagens de programação facilitam o desenvolvimento de sistemas computacionais que raciocinam sobre informações inconsistentes.

Capítulo 4

Negociação

4.1 Considerações Iniciais

Efeito e causa do surgimento das organizações [FER99], as interações entre agentes ocorrem por diversos motivos, que incluem os recursos do ambiente, as habilidades que os agentes possuem e os objetivos ou tendências dos mesmos. Geralmente os resultados das interações são benéficas aos indivíduos e ao grupo, mas as mesmas também podem causar conflitos que impedem a realização de uma determinada tarefa ou satisfação de um objetivo. Para a resolução dos conflitos dispomos de mecanismos específicos, como a coordenação e a negociação [SHM99, ROS94, FER99, JEN97].

A missão de uma organização ajuda a definir os principais objetivos da mesma e é através desses objetivos que a organização faz planos e traça estratégias para atuar no mercado [DRU98]. Uma organização que não consegue cumprir sua missão ou não possui uma, está fadada ao desaparecimento. Geralmente para as organizações alcançarem seus objetivos elas necessitam interagir com outras organizações, assim como com seus componentes internos. Logo, a negociação se torna indispensável para as organizações cumprirem suas missões.

O processo de negociação não é trivial mas o ser humano consegue realizá-lo de maneira muito satisfatória. Em um sistema computacional, muitas vezes, nos deparamos com problemas de representações sobre conceitos do mundo real. O mesmo ocorre no processo de negociação em um sistema computacional. Como podemos representar o quanto um bem ou serviço vale para um indivíduo? Um valor numérico seria adequado para representar este conceito tão subjetivo que depende de inúmeros fatores idiosincrásicos? Nas Ciências Econômicas, o conceito de utilidade é utilizado para indicar tal valor. Uma representação mais natural para um valor de utilidade seria um sistema de valor que indicasse uma intensidade.

Um bom resultado em uma negociação em um sistema computacional depende muito das estratégias e táticas utilizadas para influenciar a outra parte envolvida no processo de negociação, uma vez que as reais motivações da outra parte são, na maioria das vezes, ocultadas ou então subjetivas.

Neste capítulo serão apresentadas as características das interações nos *SMA* e suas conseqüências, na seqüência será discutido os aspectos da negociação. E para finalizar serão apresentados alguns modelos de mecanismos para a negociação em *SMA* e como a representação do quanto vale um bem ou serviço é feita nesses modelos.

4.2 Interação entre Agentes

Segundo Ferber [FER99], “Nós podemos considerar uma situação de interação como sendo uma composição de comportamentos resultantes do agrupamento de agentes que precisam agir para atingir seus objetivos, cuja atenção está voltada para os recursos limitados que estão disponíveis e suas habilidades individuais”.

Uma interação pode ocorrer direta ou indiretamente, e as ações resultantes de uma interação geram conseqüências que influenciarão o comportamento futuro dos agentes. É através das interações entre os indivíduos que a organização se mostra presente. O desaparecimento de uma organização é concomitante ao desaparecimento ou diminuição das interações entre os indivíduos de uma organização [FER99].

Para Rosenschein e Zlotkin [ROS94], “O mundo funciona através de interações onde cada indivíduo persegue seus próprios objetivos nos encontros com outros indivíduos ou máquinas”. Somente em situações extremamente limitadas os indivíduos conseguem atingir seus objetivos sem interação. Os agentes e organizações interagem entre si quando necessitam alcançar um objetivo ou satisfazer uma necessidade. A ocorrência da interação recai basicamente sobre três fatores: os objetivos dos agentes ou organizações, os recursos do ambiente e as habilidades que o agente possui. O objetivo que o agente possui pode ser compatível ou incompatível com os objetivos de outros agentes. Os recursos do ambiente são limitados. As habilidades que um agente possui, muitas vezes não são suficientes para a satisfação de seus objetivos o que requer a cooperação de outros agentes com as habilidades necessárias. Ferber criou uma classificação para as possíveis situações de interação:

- independência: objetivos compatíveis, recursos suficientes, habilidades suficientes. Não há interação entre os agentes, eles agem independentemente uns dos outros;

- colaboração simples: objetivos compatíveis, recursos suficientes, habilidades insuficientes. A interação existente é o compartilhamento de conhecimento e a atribuição de tarefas, não há a necessidade de coordenação das ações;
- obstrução: objetivos compatíveis, recursos insuficientes, habilidades suficientes. Quando um agente obstrui o outro na realização de uma tarefa, sendo que eles realizam a tarefa sem a ajuda do outro;
- colaboração coordenada: objetivos compatíveis, recursos insuficientes, habilidades insuficientes. É a situação mais complexa de cooperação, além dos problemas de alocação de tarefas existe o problema dos recursos limitados;
- competição individual pura: objetivos incompatíveis, recursos suficientes, habilidades suficientes. Quando os objetivos são incompatíveis, os agentes necessitam negociar ou lutar para alcançar seus objetivos;
- competição coletiva pura: objetivos incompatíveis, recursos suficientes, habilidades insuficientes. Para alcançarem seus objetivos os agentes necessitam formar grupos;
- conflito individual sobre recursos: objetivos incompatíveis, recursos insuficientes, habilidades suficientes. Quando um agente quer para si todo o recurso disponível;
- conflito coletivo sobre recursos: objetivos incompatíveis, recursos insuficientes, habilidades insuficientes. Mescla competição coletiva com conflitos individuais sobre recursos.

As organizações artificiais que simulam organizações econômicas no ARTOR [SHM99] se enquadram no último item da classificação acima. Pois, cada agente de *software*, pertencente a uma organização, possui uma habilidade que contribui no alcance dos objetivos da mesma. Ao mesmo tempo, temos uma sociedade composta por diversas organizações com diferentes objetivos e que competem por recursos limitados deste ambiente. Todos esses fatores favorecem o aparecimento dos conflitos, e muitas vezes o conflito faz parte de certos tipos de interação como é o caso de uma operação de compra e venda de bens ou serviços.

4.3 Aspectos da Negociação

Pode-se definir a negociação como o processo pelo qual dois ou mais indivíduos tentam chegar a um acordo que satisfaça suas necessidades ou pelo menos parte

dessa. A negociação é um processo complexo que nem sempre pode ser previsto com precisão, pois, além do desconhecimento da motivação da outra parte envolvida, a negociação é um dilema, segundo [MAU91] “É um dilema porque a escolha de cada negociador depende dos comportamentos e das opções do outro negociador, eles mesmos sob a influência dos comportamentos e opções próprias do primeiro”.

O Dilema dos Prisioneiros ilustra muito bem essa característica da negociação, nesse dilema temos o seguinte cenário: duas pessoas são presas por suspeita de um pequeno delito mas as autoridades não possuem evidências suficientes para incriminá-los a não ser que ambos ou pelo menos um confesse o crime. O investigador responsável faz o seguinte discurso: “se ninguém confessar então ambos ficarão presos por um mês; se ambos confessarem ficarão presos por seis meses; se um confessar e o outro não, então aquele que confessou será libertado imediatamente e será usado como testemunha contra o outro, esse por sua vez ficará preso por um ano”. Após o discurso os prisioneiros são colocados em celas separadas e têm vinte e quatro horas para decidirem. Neste dilema, assumindo que cada prisioneiro raciocina coerentemente, ambos irão chegar à mesma conclusão: se confessarem evitam o pior independentemente da resposta do outro prisioneiro; se não confessarem as chances de ficarem presos por um ano são grandes porque cada prisioneiro irá depender da confiança que a outra parte tem sobre a primeira.

A Teoria dos Jogos estuda a análise das tomadas de decisões interdependentes e provê uma descrição formal para um jogo na forma normal. Um jogo na forma normal consiste de um conjunto de jogadores, onde cada jogador possui um conjunto de estratégias e preferências sobre o mesmo. Pode-se representar o Dilema dos Prisioneiros através da Matriz de Ganho — Figura 4.1 — para facilitar a análise. Nas colunas têm-se as opções do prisioneiro 1 e nas linhas as opções do prisioneiro 2, dentro das células no canto inferior esquerdo tem-se o resultado da ação realizada pelo prisioneiro 1 e no canto superior direito o resultado obtido pelo prisioneiro 2. Através da interseção das linhas e colunas escolhidas pelos prisioneiros temos o resultado final. Na célula A tem-se a situação onde ambos confessam, esse resultado é o chamado Equilíbrio de Nash, ou seja, cada jogador escolhe o que é melhor para si então chega-se a um equilíbrio se nenhum dos jogadores possuir uma estratégia melhor do que qualquer outra [SAM90].

Os modelos de negociação baseados em teoria dos jogos não utilizam um processo de negociação para se chegar a um acordo [SHM99]. Em uma negociação as informações que possuímos sobre os outros envolvidos é quase sempre incompleta. Ainda, inúmeras estratégias e táticas são utilizadas pelas partes envolvidas para influenciar a tomada de decisão. A negociação no ARTOR baseia-se nessas premissas,

		Prisioneiro 1	
		Confessar	Não confessar
Prisioneiro 2	Confessar	A 6 meses	B 1 ano
	Não confessar	C 1 ano	D 1 mês

Figura 4.1: Matriz de Resultados para o Dilema dos Prisioneiros.

pois, a teoria dos jogos trabalha com os resultados e não com os fatores que causam efeitos nos comportamentos, os indivíduos podem recorrer a esses fatores para tentar influenciar as decisões dos outros [SHM99].

É natural que em alguns casos a negociação não termine em um acordo, pois, cada indivíduo possui seus próprios objetivos e necessidades. Cada parte envolvida possui uma margem para negociação, quando esta margem está abaixo do mínimo aceitável para uma das partes é impossível se chegar a um acordo [MAU91] — Figura 4.2. Se o valor mínimo aceitável para ambas as partes coincidem, não há margem para negociação mas o acordo ainda é possível — Figura 4.3. Havendo margem para negociação o acordo é possível em algum valor dentro desse espaço — Figura 4.4.

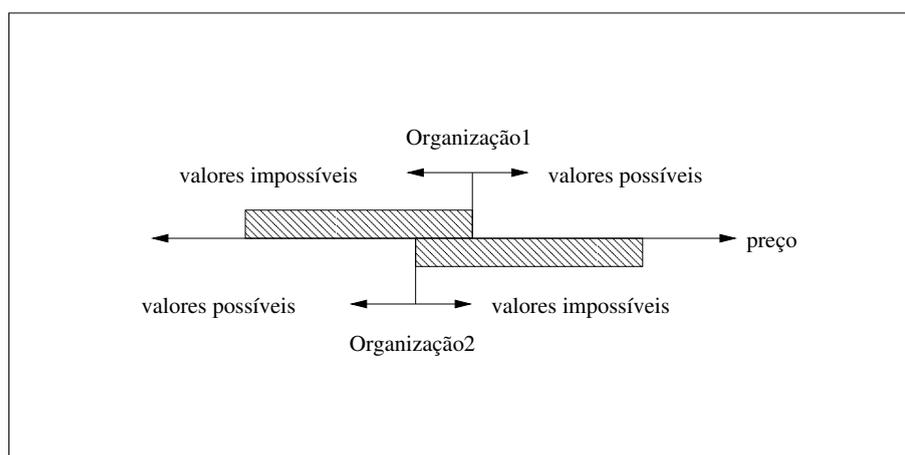


Figura 4.2: Margem negociável está abaixo do limite mínimo aceitável, é impossível se chegar a um acordo.

Na negociação qualquer uma das partes envolvidas ou ambas podem escolher

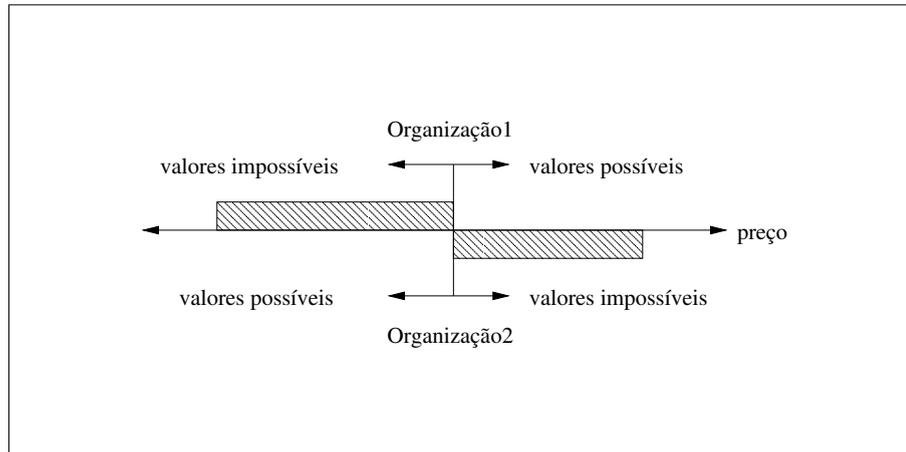


Figura 4.3: Os limites mínimos coincidem, não há margem para negociação.

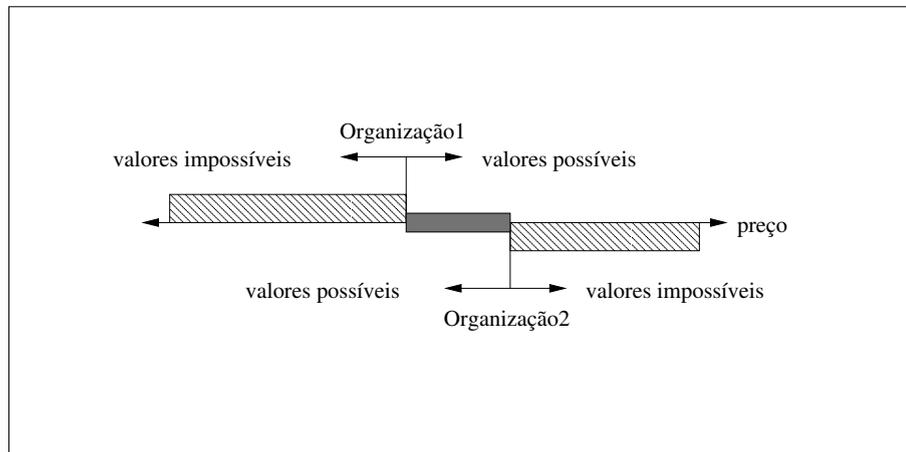


Figura 4.4: Há margem para negociação.

entre duas posturas exclusivas, uma postura colaborativa ou então uma postura impositora. Quando ambas as partes assumem uma postura colaborativa diz-se que é uma negociação de orientação integrativa ou negociação *win-win*. Neste tipo de negociação ambas as partes encontram meios para satisfazerem suas necessidades. Na Teoria dos Jogos diz-se que é um jogo de soma não nula. Se uma das partes envolvidas na negociação assume uma conduta que visa apenas conseguir satisfazer suas necessidades sem considerar o que a outra parte deseja, então certamente fala-se de uma negociação de orientação distributiva ou negociação *win-lose*. A principal característica dessa negociação é a visão de que tudo o que uma das partes envolvidas ganha a outra perde, é um jogo de soma nula.

4.4 A Estratégia de Negociação

A estratégia de negociação descreve os possíveis caminhos a serem tomados diante de certas circunstâncias. Além das estratégias têm-se também as táticas que indicam o fazer em sí, ou seja, quais ações devem ser tomadas após a escolha de um caminho. Um erro estratégico não pode ser corrigido podendo culminar no fracasso da negociação, já a utilização de uma tática errada pode ser corrigida [MAU91].

Durante uma interação de uma negociação, a geração das ofertas e contra-ofertas são feitas de acordo com a estratégia e a tática utilizada pelo negociador. Toda estratégia de negociação se utiliza de algum artifício para tentar influenciar a outra parte em relação aos valores que a mesma vai propor [MAR97, MAR98]. Esses artifícios estão relacionados com tempo de uma negociação, pressões psicológicas, satisfação do ego, etc.

O resultado final de uma negociação é totalmente dependente das estratégias e táticas adotadas na negociação, e dificilmente uma estratégia de negociação vai obter os mesmos resultados diante de estratégias diferentes. Existem inúmeras estratégias de negociação mas nenhuma estratégia é a melhor, cabe ao negociador tentar escolher qual melhor se adapta a situação atual.

4.5 Modelos de Negociação em SMA

4.5.1 Negociação Baseada em Argumentação

Jennings, Sierra e Parsons [PAR96, PAR98, SIE98], propuseram um mecanismo de negociação baseado em argumentação. Na lógica clássica um argumento é uma seqüência de passos lógicos (inferências) que levam a uma conclusão. Se o argumento está correto a conclusão é verdadeira. No sistema de argumentação adotado no modelo, o modelo tradicional de raciocínio (fatos e regras) foi estendido para permitir argumentos de suporte e dúvida em proposições [PAR96]. O processo de negociação utiliza quatro tipos de argumentos:

- proposta: a proposta pode ser uma solução completa ou parcial, ou ainda um conjunto de soluções completas ou parciais sobre determinado problema que o agente está enfrentando. As propostas também podem incluir sugestões de *trade-off* e condições. Exemplo:
 - A: Eu proponho prover o serviço X para você se você prover o serviço Y para mim.

- crítica: a crítica é uma possível resposta para uma proposta e ela pode conter que partes da proposta o agente concorda e de que partes ele discorda, também pode ser uma contra-proposta cuja possível solução é melhor para o agente que recebeu a proposta. A crítica tem como função possibilitar a geração de propostas alternativas. Exemplo:
 - A: Eu proponho prover o serviço X para você se você prover o serviço Y para mim;
 - B: Eu não quero o serviço X.
- explicação: são informações adicionais que são usadas para dar suporte à proposta enviada, na explicação o agente que fez a proposta pode indicar como as partes envolvidas irão se beneficiar se a proposta for aceita. Exemplo:
 - A: Eu proponho que você me disponibilize o serviço X, porque eu sei que você oferece esse serviço.
- meta-informação: é utilizada para ajudar os agentes a realizarem as buscas locais por soluções mais aceitáveis, indicando a objeção que um agente possui sobre determinada proposta. Ajuda o agente que fez a proposta a realizar uma busca mais focalizada.
 - A: Eu proponho prover o serviço Y se você prover o serviço X para mim, eu acho que é bom para ambos porque eu preciso de X e acredito que você precise de Y;
 - B: Eu não tenho interesse em Y;
 - A: Ok, eu disponibilizo o serviço W se você prover o serviço X para mim;
 - B: Eu prefiro o serviço Z; (meta-informação indicando preferência entre serviços)
 - A: Certo, eu disponibilizo Z se você prover X para mim.

O sistema de argumentação pode ser visto como um formalismo baseado em trabalhos de lógica informal e filosofia de argumentação [PAR96]. A esse formalismo ainda foi acrescentado um conjunto de modalidades que representam as crenças, desejos e as intenções, e que podem ser aplicadas a qualquer fórmula bem formada dessa linguagem. Diante de uma proposição um agente pode construir vários argumentos, alguns favoráveis à proposição e alguns contra. Foi definido em [PAR96, PAR98]

métodos para categorizar os conjuntos de argumento em classes de aceitação, argumentos que estão em classes que têm um grau de aceitação maior são menos suscetíveis a questionamentos.

Considerando a existência de dois agentes i e j , o processo de negociação inicia-se quando o agente i cria um argumento $(It_i(a), \Delta_i)$ para pelo menos uma de suas intenções $It_i(a)$ usando um subconjunto Δ_i de sua base de conhecimento (fatos e regras). O agente i passa a proposta para o agente j , após examinar a proposta o agente j pode realizar as seguintes ações:

- não encontra nenhum motivo para discordar com a proposta e então envia uma mensagem indicando o acordo;
- a proposta entra em conflito direto com um objetivo de j , isto é detectado quando o agente j pode construir um argumento $(It_j(\neg a), \Delta_j)$, onde Δ_j é um subconjunto de sua base de conhecimento. O agente j então constrói um argumento $(It_j(b), \Delta_{j'})$ e envia juntamente com $(It_j(\neg a), \Delta_j)$ para o agente i , com a finalidade de mostrar porque discordou da sua sugestão;
- uma intenção do agente j está em conflito com um passo da proposta ou então o agente i fez uma suposição errada sobre as crenças de j . O agente j aceitará a proposta desde que o agente i encontre outra maneira de alcançar a , j envia o passo $(It_j(\neg c), \Delta_j)$ (argumento debilitante) que causou o conflito para o agente i , onde $c \in \Delta_i$;
- o agente j não discorda sobre a proposta nem sobre os passos que a constituem, mas se j aceitar a proposta ele não conseguirá satisfazer um de seus objetivos por falta de recursos. O agente j envia seus argumentos $(It_j(a), \Delta_j)$ onde existe um $b \in \Delta_j$ e $\Delta_i \cup \Delta_j \vdash_{ACR} \neg b^1$ (argumento de refutação) para o agente i . Este poderá criar uma nova proposta ou então utilizar os argumentos recebidos para criar uma proposta que satisfaça a ambas intenções, $(It_i(a) \wedge It_j(b), \Delta_i \cup \Delta_j \cup \Delta_{j'})$ onde os objetivos de i e j possam ser alcançados utilizando um novo recurso indicado por i .

4.5.2 Negociação em Domínios Orientados a Valoração

Rosenschein e Zlotkin definiram três tipos de domínios de interação que cobrem grande parte dos problemas do mundo real. Temos os Domínios Orientados a Tarefas, onde os agentes possuem um conjunto de tarefas a serem realizadas e os recursos

¹ \vdash_{ACR} relação de consequência em argumentação – ACR *Argumentation Consequence Relation* [PAR96]

são suficientes para a realização das mesmas. Este domínio é inerentemente cooperativo, pois, um agente pode negociar a divisão das tarefas com os outros agentes. O Domínio Orientado a Tarefa é um subconjunto dos Domínios Orientados a Estados, neste domínio os recursos do ambiente são limitados e os conflitos ocorrem sobre os mesmos. No Domínio Orientado a Estado, cada agente tem interesse em alterar o estado do mundo a partir de um estado inicial para um estado de um conjunto de estados objetivos. Dificilmente um estado objetivo agrada a todos os agentes e os estados que agradam somente são alcançados a um custo muito alto. O terceiro domínio é o Domínio Orientado a Valoração que é um superconjunto do Domínio Orientado a Estado. Neste domínio os agentes atribuem um valor aos possíveis estados, esta valoração permite ao agente avaliar o grau de satisfação que aquele possível estado traz para ele, e dessa forma os agentes envolvidos podem melhorar o resultado dos acordos.

A negociação para Rosenschein e Zlotkin [ROS94, ZLO89] é baseada em um espaço de possíveis propostas que indica quais as possíveis opções para o agente chegar a um acordo, o processo de negociação (protocolo de negociação), que especifica as regras a serem seguidas para que os agentes cheguem a um acordo, e a estratégia de negociação que determina o comportamento do agente diante do espaço de possíveis propostas, e do processo de negociação.

No Domínio Orientado a Valoração os agentes são competitivos e podem relaxar seus objetivos iniciais. O conceito de valoração é usado para indicar ao agente o grau de satisfação de um objetivo que pode ser alcançado através da negociação. O maior valor possível indica a satisfação completa do objetivo, enquanto valores baixos indicam que somente parte do objetivo foi alcançado.

O custo associado ao plano também é levado em consideração no processo de negociação, a valoração dos possíveis estados finais é comparável ao custo de um plano e pode-se atribuir um valor de utilidade a este. A utilidade é a diferença entre a valoração associada a um estado final e o custo para se chegar a esse estado final, ela indica ao agente o quanto vale a proposta. Se uma proposta possui uma valoração baixa mas um custo baixo para a realização da mesma, então o agente poderá aceitar esta proposta.

Um Domínio Orientado a Valoração é definido pela tupla $\langle S, A, J, c \rangle$, onde:

- S é o conjunto de todos os possíveis estados do mundo;
- A é uma lista ordenada de agentes;
- J é o conjunto de todos os planos em comun;

- c é a função de valoração $c : J \rightarrow (R^+)^n$

O encontro em um Domínio Orientado a Valoração $\langle S, A, J, c \rangle$ pode ser definido como uma tupla $\langle s_i(W_1, W_2, \dots, W_n) \rangle$, sendo que $s \in S$ é o estado inicial do mundo e para todo $k \in 1..n$, $W_k : S \rightarrow R$ é a função de valoração do agente i .

Cada função de valoração W_i é definida para todos os estados. $W(f)$ indica ao agente o quanto do objetivo ele alcançou ou quão perto ele está de satisfazer o objetivo inteiro. Um agente i pode possuir um conjunto de sub-objetivos $g_i^k | k = 1..n_i$ que precisa realizar. A valoração associada a cada sub-objetivo é denotada por W_i^k , o objetivo completo é indicado por $g_i = \bigwedge_{k=1}^{n_i} (g_i^k)$ e a função de valoração para este caso é definido na Fórmula 4.1.

$$W_i(f) = \sum_{f \models g_i^k} (w_i^k) \quad (4.1)$$

No processo de negociação os agentes envolvidos avaliam as propostas e decidem que decisões irão tomar utilizando a função de valoração juntamente com as estratégias de negociação.

4.5.3 Negociação no ARTOR

Segundo Shmeil [SHM99], “A negociação é, fundamentalmente, um processo de tomada de decisão, o qual é aplicado quando se apresenta uma situação de conflito durante as atividades para a realização de um objetivo comum, entre dois ou mais componentes de uma sociedade”. No ARTOR, a negociação se inicia com um convite à sociedade disparado pelo agente executor da organização consumidora, o convite é enviado ao quiosque *News_Stand* que é um local conhecido por todas as organizações da sociedade. A mensagem enviada ao quiosque contém uma *LC* do bem/serviço a ser negociado, e após a publicação no quiosque, os seguintes eventos podem ocorrer:

- nenhuma organização responde e o limite de tempo de permanência da mensagem acaba, o processo de seleção é encerrado;
- uma ou mais organizações respondentes (fornecedoras, produtoras) interessadas entram em contato com o agente organizador, a comunicação passa a ser ponto-a-ponto entre as organizações respondentes e o organizador.

A negociação no ARTOR baseia-se na utilização de uma Lista de Critérios (*LC*) para cada bem/serviço a ser provido. Essa lista é composta por Critérios

de Seleção (CS) que possibilitam determinar quais dimensões serão utilizadas para avaliar o bem/serviço. A LC ainda ajuda a organização que busca por um parceiro a determinar a qualidade e a especificação do bem/serviço. A LC é definida por $LC_{produto/servico}(CS_1, CS_2, \dots, CS_n)$, onde cada CS_i é uma tupla:

$CS_i(Id_i, Vd_i, Va_i, Pr_i, Sm_i)$, onde:

- Id_i : identificação do critério;
- Vd_i : valor do critério que satisfaz a organização (valor *default*);
- Va_i : representado por (Vac_i, Fed_i) , onde:
 - Vac_i (*Value Constraints*): lista dos possíveis valores (restrições) para CS_i
 - Fed_i (*Favorable Evolution Direction*): indica a direção que satisfaz mais a partir do valor Vd_i em Vac_i ;
- Pr_i (*Priority*): indica o valor da utilidade do critério CS_i ;
- Sm_i (*State of Mind*): representa o estado da mente do agente em relação à oferta inicial, pode assumir os valores *grounded* (a primeira oferta da sessão de negociação por parte da organização consumidora será feita com valores instanciados) e *free* (a primeira oferta será feita sem valores instanciados).

Cada CS possui um peso de acordo com a sua utilidade² para a organização que é definido pelo usuário. A utilidade de um CS_i é dado por Pr_i que é representado por cardinais.

Todos os possíveis valores, para cada domínio dos CS de uma organização em uma determinada sessão de negociação, que podem ser ofertados ou aceitos são representados em um Espaço de Possibilidades (EP) — Tabela 4.1. O EP é definido a partir dos domínios (D) dos CS 's, onde: $EP \in LC = D_{CS_1} \times D_{CS_2} \times \dots \times D_{CS_n}$.

Em uma sessão de negociação no ARTOR, uma oferta é aceita se ela obtiver um valor de utilidade que satisfaça a organização, em caso contrário, uma contra-oferta é criada de acordo com a estratégia de negociação adotada. O valor de utilidade da oferta é definido pela somatória dos valores de utilidades das instâncias de cada CS pertencente à LC — Fórmula 4.2.

²A utilidade, em economia, é um conceito analítico que representa o prazer subjetivo, o proveito ou a satisfação derivada de consumir bens e serve para explicar como os consumidores dividem seus recursos limitados entre bens consumidos [SAM90]

	cor	preço	prazo de pagamento	quantidade
satisfaz mais	azul	20	150	90
	preto		90	
satisfaz	verde	30	60	70
satisfaz menos		40	30	
		50	0	

Tabela 4.1: Exemplo do Espaço de Possibilidades para um determinado produto.

$$utilidade_oferta = \sum_{i=0}^j utilidade_instancia_i \quad (4.2)$$

O valor relativo da instância, para um CS contínuo, é a posição relativa do valor no domínio dos valores Vac_i do CS_i . Se o valor relativo da instância está posicionado no lado que satisfaz mais — o lado indicado por Fed_i em relação ao valor que satisfaz Vd_i — o valor relativo da instância será positivo, em caso contrário será negativo. O valor relativo da instância de um valor discreto será 1 se ele existir no domínio dos valores Vac_i , em caso contrário será -1 — Figura 4.5.

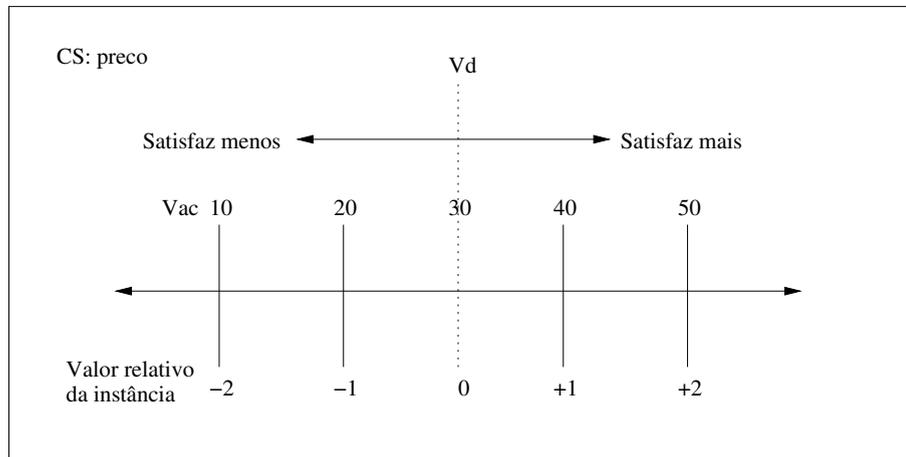


Figura 4.5: Definição dos valores relativos para o CS preço.

Por exemplo:

$CS_1 = [..., [preco, \mathbf{30}, [[10, 20, \mathbf{30}, 50, 60], \mathbf{right}], 4, ground], ...]$, onde $Vd_1 = 30$, $Vac_i = [10, 20, 30, 50, 60]$, $Fed_i = right$ — Figura 4.5. Têm-se:

- $utilidade_instancia = (Pr_i \times valor_relativo_da_instancia)$
- $utilidade_instancia = 4 \times (+1) = 4$

As ofertas e contra-ofertas são criadas de acordo com o estilo do agente envolvente, suas estratégias e suas táticas. O estilo do agente especifica o tipo de estratégia a ser utilizada, se o agente for do estilo “ganha-ganha” (*win-win*), ou seja, cooperativo, então ele levará em conta as contra-ofertas e poderá relaxar em alguns critérios de seleção. Se for do estilo “ganha-perde” (*win-lose*), ou seja, estilo de negociação não-cooperativo, então o agente não irá relaxar, ou irá relaxar muito pouco. As estratégias e táticas utilizadas na negociação fazem parte do conhecimento individual de cada agente executor, pois, eles possuem as capacidades necessárias à contratação ou seleção de colaboradores.

Os agentes executores que desempenham papéis de organizadores se utilizam da tática “troca” e da estratégia “decremental”, onde:

- i. geração da oferta inicial:
 - i.i. aumenta para a utilidade máxima os valores que satisfazem mais;
- ii. para as demais ofertas:
 - ii.i. manter um dos valores com a mais alta utilidade, se houver mais de um escolhe-se aleatoriamente;
 - ii.ii. decrementar em uma unidade o próximo critério de mais alta utilidade;
 - ii.iii. se todos os valores do critério que está sendo decrementado foi ofertado, então voltar para o passo (ii.ii);
 - ii.iv. quando não houver mais possibilidade de manter o valor do critério escolhido em (ii.i), decrementar uma unidade do valor relativo da instância e retornar ao passo (ii.ii).

Os agentes executores que desempenham papéis de respondentes se utilizam da tática “troca_oferta” e da estratégia “decremental_por_oferta”, onde:

- i. geração da contra-oferta inicial:
 - i.i. manter o valor do critério da oferta que possui a mais baixa utilidade para o respondente, se houver mais de um escolhe-se aleatoriamente;
 - i.ii. incrementar ou manter os critérios restantes em suas utilidades máximas;
- ii. para as demais contra-ofertas:
 - ii.i. executar (i.i);

- ii.ii. decrementar em uma unidade, a cada contra-oferta, o valor relativo das instâncias dos critérios cujas utilidades foram aumentadas em suas utilidades máximas;

A resolução de conflitos no ARTOR baseia-se em um processo finito (sessão de negociação) no qual ofertas e contra-ofertas são criadas na tentativa de se chegar a um acordo. Os critérios para o encerramento da sessão de negociação é dado por:

- i. um número pré-determinado de sessões, designado pelo agente organizador;
- ii. satisfação do grau de utilidade da oferta, por igualdade ou por ultrapassar esse grau de utilidade.

A contratação de um respondente ocorre na seguinte ordem, por parte do organizador:

- i. a organização respondente que apresentou a melhor utilidade em uma contra-oferta.
- ii. a organização que antecipou o encerramento da sessão por igualdade de valores.
- iii. se a base de conhecimento do organizador aponta a organização respondente como sendo cooperativa (ganha-ganha), então esta é contratada.

4.6 Considerações Finais

A interação entre agentes de *software* muitas vezes pode resultar em conflitos, mas esses são naturais devido às características das relações sociais em que os agentes estão envolvidos e também aos objetivos individuais. O processo de negociação tem por objetivo fazer com que as partes envolvidas em um conflito alcancem o que desejam, ou pelo menos uma das partes alcance.

Neste capítulo foram apresentados três modelos de negociação em *SMA*. No modelo baseado em argumentação os agentes se utilizam de argumentos lógicos para chegarem a um acordo e obterem o que desejam em uma negociação. No modelo de negociação em domínios orientados a valor cada proposta é avaliada de acordo com uma função que retorna um valor que representa a mesma, então o agente pode aceitar ou não a oferta de acordo com esse valor. O modelo adotado pelo ARTOR é similar ao modelo criado por Rosenschein e Zlotkin, mas se utiliza de estratégias e táticas no processo de negociação para tentar influenciar a outra parte envolvida no conflito. Outra característica importante no mecanismo de negociação do ARTOR,

é o espaço de possibilidades multivalorado [OLI99, ROC00, OLI01], que permite a análise das diversas dimensões de um bem ou serviço negociado utilizando o conceito de utilidade. Para a realização deste trabalho o modelo utilizado pelo ARTOR foi modificado para suportar a *LEP*.

Capítulo 5

Lógica Paraconsistente Aplicada à Avaliação de Ofertas

5.1 Considerações Iniciais

Em uma negociação, cada indivíduo responsável pela operação de compra ou venda de uma organização possui conhecimentos que dizem respeito aos possíveis valores dos critérios utilizados para representar um determinado serviço ou produto, que podem ser ofertados ou aceitos. Quando uma oferta ou contra-oferta é analisada esses conhecimentos são levados em consideração.

O conflito gerado entre uma oferta e o *EP* de uma organização pode ser visto como uma inconsistência intra-caso. Racine e Yang em [RAC96] identificaram dois tipos de inconsistências que podem ocorrer em uma base de casos. A inconsistência inter-caso ocorre quando dois ou mais casos similares em uma mesma base geram contradições. Na inconsistência intra-caso, o caso que está armazenado em uma base de casos gera contradição com o conhecimento do domínio. Similarmente, uma oferta e o *EP* da organização que a recebe pode gerar uma inconsistência intra-caso, pois o *EP* contém os valores que a organização considera aceitáveis, ou valores que são verdade para a mesma, e os valores da oferta podem causar contradições junto aos valores do *EP*.

A inconsistência é natural ao ser humano e facilmente tratada pelo mesmo. Em um sistema computacional as informações inconsistentes podem ser representadas utilizando-se o formalismo de representação da Lógica Paraconsistente [COS99]. Nas próximas seções será apresentado um mecanismo para a avaliação das ofertas e contra-ofertas baseado na *LEP* [HAS04]. Também serão apresentadas as estratégias de negociação utilizadas, assim como os resultados empíricos obtidos pela nova abordagem em comparação com os resultados da *abordagem valorada* utilizada

pelo ARTOR.

5.2 Avaliação da Oferta Utilizando a Abordagem Paraconsistente

Na *abordagem paraconsistente* o *EP* é um pouco diferente do *EP* apresentado na seção anterior. Devido à utilização da *LEP* não é necessário utilizar um valor de referência, que indica o ponto de satisfação, para avaliar um *CS*. Os valores evidenciais associados ao *CS* indicam a satisfação do negociador em relação ao valor da instância deste *CS*. Cada CS_i é a tupla $CS_i(Id_i, Tp_i, Vac_i, Pr_i, Sm_i)$, onde:

- Id_i : é a identificação do CS_i ;
- Tp_i : contém informações sobre o tipo do valor. Representado por $(Tv_i : TUn_i : Un_i)$, onde:
 - Tv_i (Tipo do Valor): indica o domínio do valor que pertence ao conjunto $\{discrete, continuos\}$;
 - TUn_i (Tipo da unidade): é o tipo da unidade do valor que pode ser $\{unidade, real, data\}$.
 - Un_i (Unidade): é o valor de uma unidade, por exemplo 30 para uma unidade do tipo data.
- Vac_i : se $Tv_i = discrete$ então Vac_i conterá uma lista de opções válidas para CS_i . Se $Tv_i = continuous$ então Vac_i conterá o par ordenado (S_less, S_more) , onde S_less é o valor que satisfaz menos e S_more é o valor que satisfaz mais;
- Pr_i : utilidade do CS_i ;
- Sm_i : representa o estado do *CS* de acordo com a instanciação do valor, onde:
 - *grounded*: a primeira oferta utilizando o CS_i será feita com um valor;
 - *free*: a primeira oferta utilizando o CS_i será feita sem um valor.

5.2.1 Arquitetura da Abordagem Paraconsistente

A avaliação da oferta utilizando a *abordagem paraconsistente* inicia-se quando uma oferta é recebida pelo agente executor responsável pela negociação. Primeiro, a oferta é traduzida para fatos e regras que utilizam o formalismo de representação

da *LEP* — ver Subseção 5.2.2. É obtido como saída um arquivo texto que contém os fatos que representam a oferta e as regras de avaliação. O arquivo texto é carregado no *ParaLog_e* e uma consulta às regras é realizada. O resultado dessa consulta é a evidência favorável (μ_1) e a evidência contrária (μ_2) em relação à oferta. O G_{ct} e o G_c são obtidos a partir de $[\mu_1, \mu_2]$ e são discretizados pelo algoritmo Para-Analisador — ver Subseção 5.2.3 — em estados lógicos. O estado lógico resultante é utilizado para avaliar a oferta. Se o estado lógico resultante for v e o $G_c \geq 0.6$ então a oferta é aceita. Caso contrário, um valor de decremento é escolhido de acordo com o estado lógico resultante e utilizado na criação da contra-oferta.

Para exemplificar o processo, têm-se como contra-oferta de uma negociação sobre compra de bicicletas:

```
[[cor, preto], [preço, 13], [periodo_de_pagamento, 30],
[quantidade, 57]]
```

E o seguinte Espaço de Possibilidades:

CS	Possíveis Valores	Prioridade
Cor	{azul, preto}	2
Preço	{30, 5}	10
Prazo de Pagamento	{0, 120}	9
Quantidade	{50, 80}	7

Tabela 5.1: Valores utilizados no *EP* do agente executor de seleção do exemplo.

A avaliação da oferta através da *abordagem paraconsistente* é demonstrada na Figura 5.1

5.2.2 Traduzindo Ofertas para o Formalismo de Representação da *LEP*

No Artor, a oferta contida em uma mensagem de negociação é uma lista composta pelo conjunto de pares ordenados (CS_{ID}, CS_{Value}). O módulo *paraconsistent_mapping* é responsável por traduzir os *CS*'s de uma oferta em fatos evidenciais. Ele também é responsável por criar as regras que avaliarão a oferta. O valor de um *CS* é mapeado nos valores evidenciais $[\mu_1, \mu_2]$ de acordo com o *EP* da organização e as restrições¹.

Se o *CS* pertence ao domínio discreto então o *Valor* de uma instância do *CS* é mapeado para valores evidenciais da seguinte maneira:

¹As restrições indicam, para um determinado *CS*, quais valores não são aceitos. A restrição pode ser aplicada a valores maiores, menores ou iguais a um determinado valor.

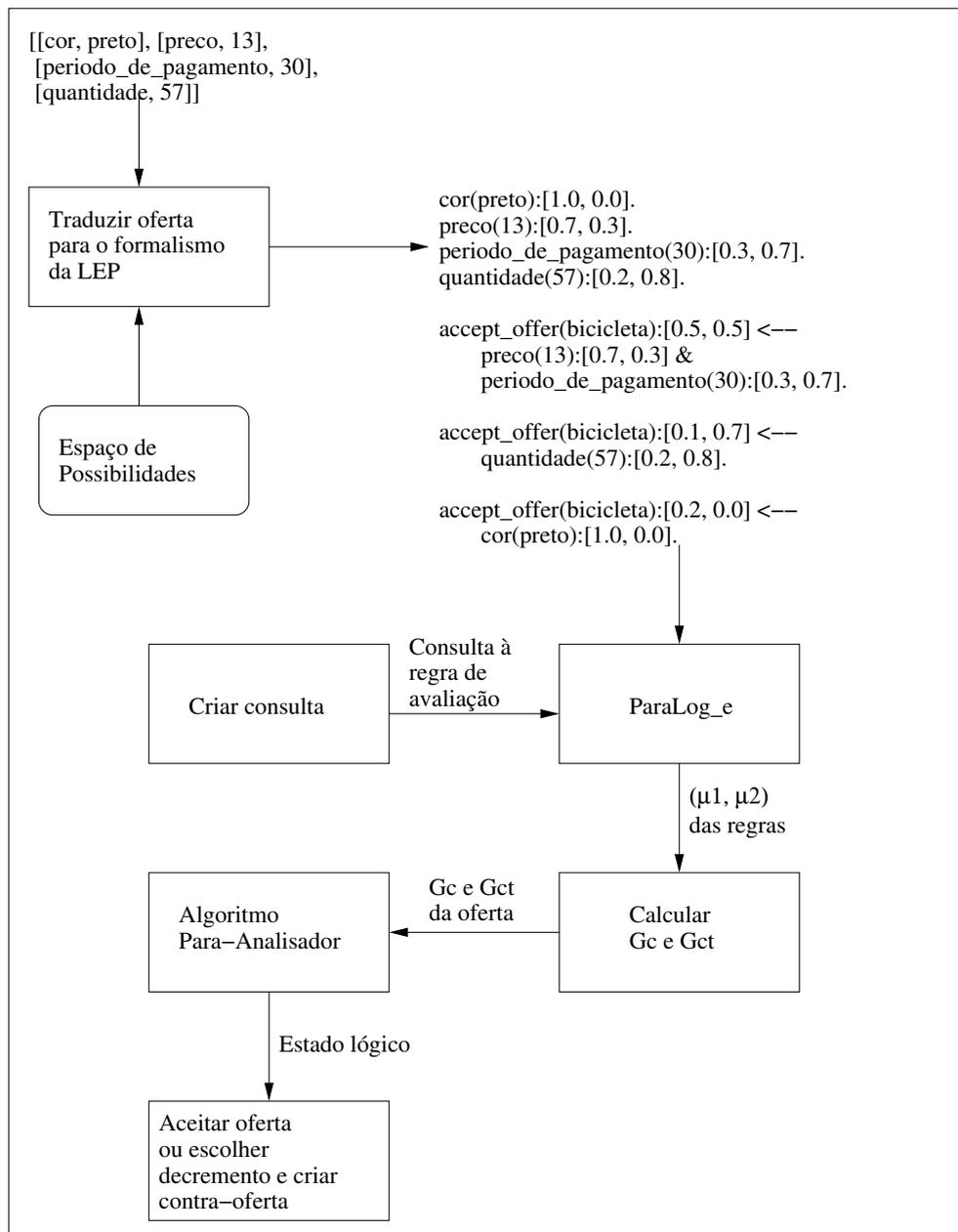


Figura 5.1: Exemplo de avaliação de oferta utilizando a *abordagem paraconsistente*.

- $CS_ID(Value) : [1, 0]$ se $Value \in Vac$;
- $CS_ID(Value) : [0, 0]$ se $Value \notin Vac$;
- $CS_ID(Value) : [0, 1]$ se o valor se enquadra em uma restrição para o CS .

Se o CS pertence ao domínio contínuo então o $Valor$ de uma instância do CS é mapeado para valores evidenciais da seguinte maneira:

- $CS_ID(Value) : [\mu1, \mu2]$ é igual a e , onde $e \in E$ de acordo com o índice k obtido pela função $P(x)$;
- $CS_ID(Value) : [1, 0]$ se $S_less \leq S_more$ e $Value > S_less$ e $Value > S_more$;
- $CS_ID(Value) : [0, 1]$ se $S_less \leq S_more$ e $Value < S_less$ e $Value < S_more$;
- $CS_ID(Value) : [1, 0]$ se $S_less > S_more$ e $Value < S_less$ e $Value < S_more$;
- $CS_ID(Value) : [0, 1]$ se $S_less > S_more$ e $Value > S_less$ e $Value > S_more$;
- $CS_ID(Value) : [0, 1]$ se o valor se enquadra em uma restrição para o CS .

A função $P(x)$ retorna o índice k que está associado ao elemento e ($e = [\mu1 : \mu2]$) — pertencente ao conjunto E — que corresponde aos valores evidenciais, do $Valor$ da instância, em relação ao EP contido na base de conhecimento individual do agente negociador. A função $P(x)$ é definida por:

- $P(x) = -1$ se $x < S_less$;
- $P(x) = 0$ se $x = S_less$;
- $P(x) = \frac{10}{(S_more - S_less)} \times \frac{(Value_CS - S_less)}{U_n}$ se:
 - $S_less \leq x \leq S_more$;
 - $S_less \geq x \geq S_more$.
- $P(x) = 10$ se $x \geq S_more$.

Os valores evidenciais contidos no conjunto E foram criados através de uma heurística idiosincrásica. O conjunto E utilizado neste trabalho corresponde a $E = \{-1 - 0 : 1, 0 - 0 : 0, 1 - 0.1 : 0.9, 2 - 0.2 : 0.8, 3 - 0.3 : 0.7, 4 - 0.4 : 0.6, 5 - 0.5 : 0.5, 6 - 0.6 : 0.4, 7 - 0.7 : 0.3, 8 - 0.8 : 0.2, 9 - 0.9 : 0.1, 10 - 1 : 0\}$.

A avaliação da oferta na *abordagem paraconsistente* utiliza um conjunto de regras que são compostas pelos fatos que representam os *CS's* de uma oferta. Assim como nos fatos, uma regra representada no formalismo da *LEP* também possui os valores evidenciais associados. Os fatos são agrupados nas regras de acordo com suas utilidades para a organização. Foram definidas três zonas de utilidade que agrupam os fatos, e que são definidas pelo predicado $utility_zone(Zone_priority, Utility_set)$ contido na especialidade de cada agente negociador:

```
utility_zone(high, [10, 9, 8]).
utility_zone(mid, [7, 6, 5]).
utility_zone(low, [4, 3, 2, 1]).
```

A utilização das zonas de utilidade garantem que a utilidade de cada fato seja respeitada. Por exemplo, um fato que representa um *CS* com baixa utilidade e que atende perfeitamente o que uma organização procura, não deverá possuir muita influência na aceitação da oferta.

Após o agrupamento dos fatos nas regras, os valores evidenciais das regras, são obtidos de forma similar à utilizada para encontrar os valores evidenciais dos fatos. O predicado $rule_evidences(Utility, L)$ representa todas as possíveis combinações de valores evidenciais que podem ser utilizadas na avaliação das ofertas.

Cada predicado $rule_evidences$ contém uma utilidade (Utl)² associada a um conjunto L , que contém os valores evidenciais³ a serem mapeados para uma regra. O conjunto L a ser utilizado para o mapeamento de uma determinada regra, será escolhido de acordo com o *CS* de maior utilidade da regra. Pois, o *CS* de maior utilidade domina os outros *CS's* que compõem a regra.

Uma vez que um conjunto L , associado a uma utilidade, for escolhido a regra assumirá os valores evidenciais indicados pelo elemento l ($l = [\mu1, \mu2]$) do conjunto L . O elemento l é encontrado através do índice j ($0 \leq j \leq 10$) através da função $R(x)$:

$$R(x) = \frac{10}{N} \times (\sum_{i=0}^n Ev1_i)$$

²Neste trabalho foi assumido que a utilidade mínima é 1 e a utilidade máxima é 10.

³Os valores dos valores evidencias contidos no conjunto L também foram criados a partir de uma heurística idiosincrásica.

Em $R(x)$, N indica a quantidade de fatos que a regra possui, e $Ev1_i$ é a evidência favorável de cada fato pertencente a essa regra.

A saída do módulo *paraconsistent_mapping* é um arquivo de texto temporário⁴ que contém os *CS*'s de uma oferta e as respectivas regras de avaliação. Exemplo de regras de avaliação de uma oferta e fatos que representam os *CS*'s, armazenados no arquivo temporário:

```
cor(preto): [1.0, 0.0].
preco(13): [0.7, 0.3].
periodo_de_pagamento(30): [0.3, 0.7].
quantidade(57): [0.2, 0.8].

accept_offer(desenvolvimento_de_produto_p1): [0.5, 0.5] <--
    preco(13): [0.7, 0.3] &
    periodo_de_pagamento(30): [0.3, 0.7].

accept_offer(desenvolvimento_de_produto_p1): [0.1, 0.7] <--
    quantidade(57): [0.2, 0.8].

accept_offer(desenvolvimento_de_produto_p1): [0.2, 0.0] <--
    cor(preto): [1.0, 0.0].
```

Uma das dificuldades encontradas na *abordagem paraconsistente* foi a definição dos valores evidenciais contidos nos conjuntos L e E . Devido ao reticulado, as possíveis combinações de fatores evidenciais são infinitas e assim optou-se pela utilização de um pequeno conjunto dessas combinações. No conjunto E a heurística seguida foi escolher os valores evidenciais que somados resultam no valor 1. Para o conjunto L , utilizado nas regras, a escolha dos valores evidenciais foi baseada nas utilidades. Por exemplo, um fato que domina a regra e possui utilidade igual a 6 terá como máxima evidência favorável o valor de 0.6 que é decrementado gradualmente em uma velocidade baixa, que pode gerar evidências repetidas. As evidências contrárias também são incrementadas em uma velocidade baixa com o objetivo de garantir equilíbrio com o valor máximo baseado na utilidade, pois verificou-se que se o valor máximo fosse baixo e o incremento da evidência contrária fosse feito na velocidade normal, a utilidade mínima teria uma evidência contrária alta em relação à evidência favorável da utilidade máxima.

⁴Cada vez que o agente negociador recebe uma oferta o arquivo é sobrescrito.

5.2.3 Avaliação da Oferta Através do Algoritmo Para-Analisador

A avaliação da oferta é realizada pelo algoritmo Para-Analisador — ver Seção 3.2. A entrada do algoritmo Para-Analisador é o G_{ct} e o G_c e a saída é um estado lógico. Cada estado lógico resultante pode ser utilizado para desencadear ações simples ou complexas no agente. Neste trabalho o estado lógico resultante determina qual será o valor de decremento a ser utilizado para a geração de uma nova oferta ou contra-oferta. Quanto mais próximo o estado lógico resultante de uma oferta estiver do estado v menor será o decremento a ser utilizado na contra-oferta.

Como foi visto na Seção 3.2, a sensibilidade dos valores extremos pode ser configurada através dos limites de controle superiores e inferiores. De acordo com testes, o aumento do V_{scc} corresponde a um aumento da utilidade mínima para a organização aceitar a oferta. O aumento do V_{icc} corresponde a um decremento no relaxamento quando uma organização cria uma nova oferta. Neste trabalho, o valor utilizado para o V_{scc} foi de 0.6, pois este obtém um G_c maior e para os demais limites de controle superiores e inferiores 0.5 e -0.5 , respectivamente.

Outro problema enfrentado foi a escolha dos valores de decremento a serem utilizados tanto pela *abordagem paraconsistente* quanto pela *abordagem valorada*. Neste trabalho a escolha dos mesmos foi baseada em testes empíricos, nos quais escolheu-se os valores de decrementos que obtiveram melhores resultados referentes à utilidade final ou então ao um grau de certeza maior.

5.3 Estratégias de Negociação Utilizadas

Além da estratégia decremental apresentada na sub-seção 4.5.3, foi criado a estratégia decremental parcial com o objetivo de se tentar diminuir o número de interações. A estratégia decremental parcial é similar à estratégia decremental em relação à maneira em que a estratégia tenta influenciar a outra parte. Mas na estratégia decremental parcial somente os CS 's correspondentes ao valor, quantidade e prazo de pagamento são negociáveis. As características do bem ou serviço são consideradas um pré-requisito para a organização fornecedora tomar parte em uma negociação.

Os agentes executores responsáveis pela seleção utilizam a tática “troca-parcial” e a estratégia “decremental-parcial”, onde:

- i. Geração da oferta inicial e da especificação do bem/serviço
 - i.i. aumenta para a utilidade máxima os valores que satisfazem mais.

ii. Para as demais ofertas

- ii.i se a especificação for aprovada ir para (ii.ii), senão, encerrar negociação com essa organização;
- ii.ii. manter um dos valores com a mais alta utilidade (valor, prazo e quantidade), se houver mais de um escolhe-se aleatoriamente;
- ii.iii. decrementar em uma unidade o próximo critério de mais alta utilidade;
- ii.iv. se todos os valores do critério que está sendo decrementado foram ofertados, então voltar para o passo (ii.iii);
- ii.v. quando não houver mais possibilidade de manter o valor do critério escolhido em (ii.ii), decrementar uma unidade do valor relativo da instância e retornar ao passo (ii.iii).

Os agentes executores responsáveis pelo fornecimento utilizam a tática “troca_oferta_parcial” e a estratégia “decremental_oferta_ parcial”, onde:

i. geração da contra-oferta inicial:

- i.i. manter os valores dos critérios referentes a especificação do bem/serviço, se não for possível fornecer valores mais similares;
- i.ii. manter o valor do critério (valor, prazo e quantidade) da oferta que possui o mais baixo critério para o respondente, se houver mais de um escolhe-se aleatoriamente;
- i.iii. incrementar ou manter ou critérios restantes (valor, prazo e quantidade) em suas utilidades máximas.

ii. para as demais contra-ofertas:

- ii.i. executar (i.i);
- ii.ii. decrementar em uma unidade, a cada contra-oferta, o valor relativo das instâncias dos critérios cujas utilidades foram aumentadas em suas utilidades máximas.

Em testes realizados, a estratégia decremental parcial não conseguiu obter menos interações que a estratégia decremental. Sendo assim, ela não foi utilizada na comparação entre as abordagens pois ela obteve os mesmos resultados da estratégia decremental.

5.4 Comparação entre Abordagem Paraconsistente e Abordagem Valorada

O cenário utilizado nos testes — Appêndice A — descreve uma organização que deseja comprar bicicletas no mercado. Para tanto, a mesma lança um anúncio à sociedade e as organizações interessadas em prover tal mercadoria entram em contato e iniciam a negociação através de seus agentes executores responsáveis pela negociação. Existem duas situações que foram abordadas nos testes:

- Uma organização responde ao anúncio;
- Duas organizações respondem ao anúncio.

Nas situações apresentadas acima ambas abordagens de avaliação de oferta foram utilizadas tanto para a organização que deseja comprar a mercadoria quanto para as organizações fornecedoras. A Tabela 5.2 apresenta todos os testes que foram realizados e os tipos de abordagens utilizadas nos mesmos. Cada linha da tabela apresenta um teste, onde cada elemento da linha indica a abordagem utilizada pela organização. A organização que não possui uma abordagem não participou do teste.

Org. Consumidora	Org. Fornecedor 1	Org. Fornecedor 2
Valorada	Valorada	—
Valorada	Paraconsistente	—
Paraconsistente	Valorada	—
Paraconsistente	Paraconsistente	—
Valorada	Paraconsistente	Valorada
Paraconsistente	Paraconsistente	Valorada

Tabela 5.2: Utilização das abordagens nas possíveis situações do cenário utilizado nos testes.

Os valores⁵ contidos nos *EP*'s das organizações foram os mesmos utilizados em ambas abordagens. A Organização Consumidora (*OC*) utiliza os valores apresentados na Tabela 5.3 enquanto as Organizações Fornecedoras (*OF*) utilizam os valores apresentados na Tabela 5.4.

De acordo com a estratégia utilizada, a oferta inicial lançada pela *OC* é a maximização dos valores contínuos contidos em sua *EP* — ver Tabela 5.5. Para valores discretos a escolha é aleatória, uma vez que qualquer valor do conjunto satisfaz a *OC*.

⁵Para *CS*'s que pertencem ao domínio contínuo, o primeiro valor corresponde ao valor que satisfaz menos e o segundo valor corresponde ao valor que satisfaz mais.

CS	Possíveis Valores	Prioridade
Tamanho	$\{M, G\}$	1
Modelo	$\{esporte, normal\}$	1
Cor	$\{azul, preto\}$	1
Preço	$\{5, 30\}$	10
Prazo de Pagamento	$\{0, 120\}$	7
Quantidade	$\{50, 80\}$	4

Tabela 5.3: Valores utilizados no *EP* da *OC*.

CS	Possíveis Valores	Prioridade
Tamanho	$\{P, M\}$	4
Modelo	$\{esporte, normal\}$	4
Cor	$\{azul, preto\}$	4
Preço	$\{5, 40\}$	5
Prazo de Pagamento	$\{0, 120\}$	5
Quantidade	$\{50, 80\}$	10

Tabela 5.4: Valores utilizados no *EP* das *OF*'s.

Nos testes, a sessão de negociação foi limitada a 50 interações. Se ao final da sessão uma *OF* não prover uma oferta que a *OC* aceite então a negociação é encerrada sem vencedores.

5.4.1 Análise dos Resultados

A análise dos resultados foi baseada na observação dos resultados obtidos nos testes apresentados no Apêndice A, também foi utilizada uma negociação entre três organizações das quais duas são concorrentes e utilizam diferentes abordagens de avaliação de ofertas. As tabelas apresentadas nesta subseção possuem a seguinte sintaxe:

- *OCV*: indica o agente executor responsável pela compra de produtos/serviços na organização consumidora que utiliza a *abordagem valorada*. A coluna correspondente indica o valor de decremento;
- *OCP*: indica o agente executor responsável pela compra de produtos/serviços na organização consumidora que utiliza a *abordagem paraconsistente*. A coluna correspondente indica o valor de decremento;
- *OFV*: indica o agente executor responsável pela venda de produtos/serviços na organização fornecedora que utiliza a *abordagem valorada*. A coluna correspondente indica o valor de decremento;

CS	Valor
Tamanho	M
Modelo	<i>esporte</i>
Cor	<i>azul</i>
Preço	5
Prazo de Pagamento	120
Quantidade	80

Tabela 5.5: Valores utilizados na oferta inicial lançada pelo *OC*.

- *OFF*: indica o agente executor responsável pela venda de produtos/serviços na organização fornecedora que utiliza a *abordagem paraconsistente*. A coluna correspondente indica o valor de decremento;
- Interações: indica a quantidade de interações utilizadas para se chegar a um acordo;
- G_c : indica o grau de certeza com que a oferta foi aceita;
- *Util*: indica a utilidade com que a oferta foi aceita;
- Oferta aceita: indica a oferta que foi aceita e possui a seguinte sintaxe: [tamanho, modelo, cor, preço, período de pagamento, quantidade].

A escolha dos valores de decrementos, que foram utilizados na comparação das abordagens, foi feita de acordo com testes onde a negociação é feita por duas organizações que utilizam diferentes abordagens de avaliação de ofertas.

O fator considerado para a escolha do valor de decremento, utilizados nas organizações consumidoras, foi a maior utilidade obtida ou o maior grau de certeza obtido ao final da negociação. Para a *abordagem valorada*, o valor de decremento é escolhido foi 15 — Tabela 5.6. Para a *abordagem paraconsistente* a lista de valores de decremento escolhida foi 4 – 20 ($\{4, 8, 12, 16, 20\}$) — Tabela 5.7. Como todas as listas de decrementos obtiveram os mesmos resultados em relação ao G_c optou-se por 4 – 20⁶.

<i>OCV</i>	<i>OFF</i>	Interações	<i>Util</i>	Oferta Aceita
5	4-20	8	44	[m, esporte, azul, 6, 120, 64]
10	4-20	7	45	[m, normal, azul, 6, 120, 64]
15	4-20	6	53	[m, esporte, preto, 5, 120, 64]

Tabela 5.6: Resultados de uma negociação entre o *OCV* e o *OFF*.

⁶Valor idiosincrásico.

<i>OCP</i>	<i>OFV</i>	Interações	G_c	Oferta Aceita
2-10	15	6	0.6	[m, esporte, preto, 10, 120, 56]
5-15	15	6	0.6	[m, normal, azul, 10, 120, 56]
4-20	15	6	0.6	[m, esporte, azul, 10, 120, 56]

Tabela 5.7: Resultados de uma negociação entre o *OCP* e o *OFV*.

A escolha do valor de decremento das organizações fornecedoras foi baseada na quantidade de interações utilizadas para se chegar a um acordo. Para as organizações que utilizam a *abordagem valorada* o valor de decremento escolhido foi 15 — Tabela 5.8. A lista de valores escolhida para as organizações que utilizam a *abordagem paraconsistente* é 4 – 20 ($\{4, 8, 12, 16, 20\}$) — Tabela 5.9.

<i>OCP</i>	<i>OFV</i>	Interações	G_c	Resultado	Oferta aceita
4-20	5	16	0.6	contratado	[m, normal, azul, 10, 120, 52]
4-20	10	9	0.7	contratado	[m, esporte, azul, 8, 120, 56]
4-20	15	6	0.6	contratado	[m, esporte, azul, 10, 120, 56]

Tabela 5.8: Resultados da negociação entre o *OCP* e o *OFV*.

<i>OCV</i>	<i>OFV</i>	Interações	$Util$	Resultado	Oferta aceita
15	2-10	14	23	contratado	[m, normal, azul, 5, 120, 56]
15	5-15	21	-19	contratado	[m, esporte, preto, 9, 120, 56]
15	4-20	6	53	contratado	[m, esporte, preto, 5, 120, 64]

Tabela 5.9: Resultados da negociação entre o *OCV* e o *OFV*.

Comparando ambas abordagens — Tabela 5.10 — utilizando duas sessões de negociação onde a *OC* utiliza a *abordagem valorada* na primeira sessão e a *abordagem paraconsistente* na segunda, pode-se observar que o *OFV* chega a um acordo, nas duas sessões de negociação, antes do *OFV* com um número menor de interações. Na primeira sessão, o *OCV* utiliza o valor de decremento 15, o *OFV* utiliza a lista de valores de decremento 4 – 20 e o *OFV* utiliza 15. Na segunda sessão o *OCP* utiliza a lista de decremento 4 – 20, assim como o *OFV* e o *OFV* utiliza 15

O agente executor de venda que utiliza a *abordagem paraconsistente* (*OFV*) consegue uma utilidade maior junto ao agente executor de compra que utiliza a *abordagem valorada* (*OCV*) — Tabela 5.10 — do que o agente executor de compra que utiliza a *abordagem valorada* (*OFV*) — Tabela 5.11.

Quando o agente executor de compra utiliza a *abordagem paraconsistente* (*OCP*), o agente executor de venda, que utiliza a *abordagem valorada* (*OFV*), consegue chegar a um acordo com um número de interações menor — Tabela 5.12. Mas o grau de

<i>OCV/OCP</i>	<i>OFFP</i>	<i>OFV</i>	Interações	<i>Util/G_c</i>	Vencedora	Oferta Aceita
15	4-20	15	6	53	<i>OFFP</i>	[m, normal, preto, 5, 120, 64]
5-15	4-20	15	5	0.8	<i>OFFP</i>	[m, esporte, preto, 8, 120, 64]

Tabela 5.10: Resultados de uma negociação entre o *OCV/OCP*, *OFFP* e *OFV*.

<i>OCV</i>	<i>OFV</i>	Interações	<i>Util</i>	Resultado	Oferta aceita
5	15	24	-28	contratado	[m, esporte, azul, 10, 120, 56]

Tabela 5.11: Resultado da negociação entre o *OCV* e o *OFV*.

certeza (G_c) é menor do que o obtido pelo agente executor de venda, que utiliza a *abordagem paraconsistente* (*OFFP*), quando este negocia com o *OCP* — Tabela 5.10.

<i>OCP</i>	<i>OFV</i>	Interações	G_c	Resultado	Oferta aceita
5-15	15	6	0.6	contratado	[m, normal, azul, 10, 120, 56]

Tabela 5.12: Resultado da negociação entre o *OCP* e o *OFV*.

O menor número de interações, para se chegar a um acordo, deve-se ao fato de se utilizar uma lista de decrementos com diferentes valores ao invés de um único valor de decremento fixo. Em uma situação em que o valor desejado pelo agente está distante do valor atual, o decremento fixo faz com que a velocidade de convergência seja constante. O mesmo não ocorre com uma lista de decrementos cujos valores são escolhidos de acordo com uma análise da situação atual, pois se o valor desejado está longe do valor atual, um decremento maior é escolhido e a velocidade de convergência aumenta. Quando o valor atual se aproxima do valor desejado a velocidade diminui.

5.5 Considerações Finais

Neste capítulo, a *abordagem paraconsistente* para avaliação de ofertas em negociações foi apresentada. Assim como os resultados dos testes realizados com a nova abordagem e a *abordagem valorada*. O *EP* presente na *abordagem paraconsistente*, difere-se do *EP* utilizado pela *abordagem valorada* devido a ausência do valor de referência (valor que satisfaz um determinado *CS*) utilizado pela função de utilidade. Na *abordagem paraconsistente*, o valor de referência não é necessário uma vez que a quantificação da utilidade de um *CS* é baseada em crenças.

A avaliação de oferta na *abordagem paraconsistente* é realizada através de fatos e regras representados no formalismo de representação da *LEP* e do Algoritmo Para-Analisador, onde cada *CS* de uma oferta é representado por um fato acompanhado de

dois fatores evidenciais de crença e descrença. O fatos representam quanto o valor de um determinado CS é aceito pela organização que a recebeu em comparação com o EP da mesma. Similarmente, a avaliação da oferta se dá através de regras criadas dinamicamente que representam as crenças e descrenças de uma oferta em comparação com o EP da organização que a recebeu.

Através dos fatores evidenciais obtidos pelas regras de avaliação é possível determinar o G_{ct} e o G_c da oferta. O resultado da avaliação é obtido através do Algoritmo Para-Analisador, dado como entrada o G_{ct} e o G_c é obtido como saída um estado lógico. O estado lógico resultante determina se uma oferta é aceita ou recusada e o mesmo é usado para encontrar um valor de decremento que será utilizado na criação de uma nova oferta ou contra-oferta.

Os resultados obtidos pela *abordagem paraconsistente* demonstraram que a utilização da mesma faz com que a negociação termine com sucesso em menos interações que a *abordagem valorada*. Também observou-se que a nova abordagem obtém um resultado mais equilibrado para as organizações que a utilizaram, propiciando uma relação *ganha-ganha*.

Capítulo 6

Conclusões

A utilização da *PLEP* em *SMA*'s pode gerar uma ampla gama de novas aplicações da *LP*. Além das inconsistências naturais ao domínio do problema que está sendo abordado, os *SMA*'s possuem características como a distribuição e a cooperação que podem levar a inconsistências.

Em uma sessão de negociação, ao analisarmos uma oferta ou contra-oferta recebida e o conhecimento prévio — sobre quais valores podem ser aceitos ou ofertados e que é utilizado para avaliar a oferta ou contra-oferta — do agente executor responsável pela negociação de uma organização, percebe-se que é uma inconsistência intra-caso. Pode-se então utilizar a *LEP* para representar essas inconsistências e realizar inferências sobre as mesmas para se tomar uma decisão.

Neste trabalho os conceitos de *PLEP* foram utilizados para representar e manipular as informações inconsistentes. Através da utilização do *ParaLog.e* o desenvolvimento do módulo de avaliação paraconsistente foi mais rápido e fácil.

Como contribuições deste trabalho pode-se citar:

- O desenvolvimento de uma nova abordagem para avaliação de ofertas em negociações;
- Nova aplicação da Lógica Paraconsistente.

6.1 Resultados Obtidos

A *abordagem paraconsistente* converge para o encerramento da negociação com menos interações, em comparação com a *abordagem valorada*. O menor número de interações permite ao agente de negociação, que utiliza a *abordagem paraconsistente*, a possibilidade do mesmo fechar um acordo antes que o seu concorrente. O ganho na abordagem proposta deve-se à utilização de uma lista de decrementos, ao invés

de um único decremento fixo, mas a *LEP* permite que a lista de decrementos seja utilizada de maneira apropriada, segundo uma interpretação lógica representada em um reticulado que pode ser personalizado. A utilização da *LEP* neste trabalho, deve-se ao fato da mesma fornecer um formalismo de representação adequado ao problema.

O tempo de uma avaliação de oferta utilizando a *abordagem paraconsistente* é de 654 milissegundos e o tempo médio de avaliação de uma oferta utilizando a *abordagem valorada* é de 2 milissegundos. Como este trabalho visou o desenvolvimento de uma nova abordagem, não houve interesse em otimizar o tempo. O computador utilizado nos testes utiliza os seguintes *hardwares* e *softwares*: processador AMD Thunderbird 1.4Ghz, RAM 256Mb DDR, HDD 20Gb 5700RPM, Placa de vídeo GeForce2 mx440 64Mb DDR, Conectiva Linux 9 e SWI-Prolog 5.2.4.

6.2 Trabalhos Futuros

O resultado de uma negociação está diretamente ligado à estratégia de negociação utilizada. Logo, novas estratégias poderiam ser implementadas para tentar melhorar o resultado da negociação. Através de informações obtidas das sessões de negociação anteriores, poderia-se utilizar um algoritmo de aprendizado para tentar descobrir quais estratégias obtiveram melhores resultados com determinados tipos de organizações. Dessa forma, seria possível escolher uma estratégia adequada a cada tipo de organização.

O tempo de avaliação de uma oferta pode ser melhorado se os fatos traduzidos fossem armazenados somente em memória e inferidos por um motor de inferência de *LEP* implementado na própria especialidade do agente negociador, ao invés de se utilizar um interpretador externo.

O trabalho sobre negociação baseada em argumentação proposto em [PAR96, PAR98, SIE98] é mais próximo do modo como os seres humanos negociam. É possível estender o trabalho através da utilização de um mecanismo de avaliação de ofertas que trate valores reais em conjunto com a *abordagem paraconsistente* de avaliação de ofertas e da utilização do espaço de possibilidades multi-valorado, para avaliar as diversas dimensões de um serviço ou produto.

Referências Bibliográficas

- [ADA93] Adali S. and Subrahmanian V. S. Amalgamating knowledge bases iii: Algorithms data structures and query processing. Technical report, University of Maryland, Maryland, 1993.
- [ANG01] Angelotti E. S. Utilização da lógica paraconsistente na implementação de um sistema multi-agente. Master's thesis, Pontificia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2001.
- [AVI96] Ávila B. C. *Uma Abordagem Paraconsistente Baseada em Lógica Evidencial para Tratar Exceções em Sistemas de Frames com Múltipla Herança*. PhD thesis, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- [AVI97] Ávila B. C., Abe J. M., and Prado J. P. A. *Paralog_e*: A paraconsistent evidential logic programming language. In *XVII International Conference of the Chilean Computer Science Society*, Chile, July 1997. IEEE Computer Science Society Press.
- [BLA87] Blair H. A. and Subrahmanian V. S. Paraconsistent logic programming. In *Lecture Notes in Computer Science*, volume 287. Proc. 7th Conference on Foundations of Software Technology and Theoretical Computer Science, 1987.
- [BLA88] Blair H. A. and Subrahmanian V. S. Paraconsistent foundations for logic programming. *Journal of Non-Classical Logic*, 5(2):45–73, 1988.
- [CAR98] Michael J. Prietula, Kathleen M. Carley, and Les Gasser. A computational approach to organizations and organizing. 1998.
- [CAR99] Kathleen M. Carley and Les Gasser. Computational organization theory. pages 299–330, 1999.

- [COS99] Costa N. A. et al. *Lógica Paraconsistente Aplicada*. Atlas, São Paulo, 1999.
- [COS95] Costa N. A., Prado J. P. A., Abe J. M., Ávila B. C., and Rillo M. Paralog: Um prolog paraconsistente baseado em lógica anotada. In *Coleção Documentos*, number 18 in Série: Lógica e Teoria da Ciência. Instituto de Estudos Avançados, Universidade de São Paulo, Abril 1995.
- [DOR97] Doran J. E., Franklin S., Jennings N. R., and Norman T. J. On cooperation in multi-agent systems. *The Knowledge Engineering Review*, 12(3):309–314, 1997.
- [DRU98] Drucker P. F. *Introdução à Administração*. Pioneira, São Paulo, 1998.
- [ENE99] Enembrek F. Um sistema paraconsistente para verificação automática de assinaturas manuscritas. Master’s thesis, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 1999.
- [FER99] Ferber J. *Multi-Agent Systems: An introduction to distributed artificial intelligence*. Addison - Wesley, New York, 1999.
- [FRA96] Franklin S. and Graesser A. Is it an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents. In *Intelligent Agents III. Agent Theories, Architectures and Languages (ATAL’96)*, volume 1193, Berlin, Germany, 1996. Springer-Verlag.
- [HAS04] Hasegawa F. M., Ávila B. C., and Shmeil M. A. H. A paraconsistent approach for offer evaluation in negotiations. In *XVII Brazilian Symposium on Artificial Intelligence*, São Luís - Brazil, Outubro 2004. Brazilian Symposium on Artificial Intelligence.
- [JEN97] Jennings N. R. and Campos J. R. Towards a social level characterisation of socially responsible agents. *IEE Proceedings on Software Engineering*, 144(1):11–25, 1997.
- [MAE95] Maes P. Artificial life meets entertainment: Life like autonomous agentes. *Communications of the ACM*, 38(11), 1995.
- [MAL04] A. Malucelli, A. P. Rocha, and E. Oliveira. B2b transactions enhanced with ontology-based services. In *ICETE’04 - 1st*

International Conference on E-business and Telecommunication Networks, Setúbal - Portugal, August 2004. XIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação.

- [MAR97] Martinelli D. P. and Almeida A. P. *Negociação: como transformar confronto em cooperação*. Atlas, São Paulo, 1997.
- [MAR98] Martinelli D. P. and Almeida A. P. *Negociação e Solução de Conflitos: do impasse ao ganha-ganha no melhor estilo*. Atlas, São Paulo, 1998.
- [MAU91] Maubert J. F. *Negociar: A Chave Para o Êxito*. Edições CETOP, Portugal, 1991.
- [OLI99] E. Oliveira, J.M. Fonsena, and A.S. Garcao. Multi-criteria negotiation in multi- agent systems. In *CEEMAS 1999 - 1st International Workshop of Central and Eastern Europe on Multi-agent Systems*, St.Petersburgh - Russia, June 1999. Workshop of Central and Eastern Europe on Multi-agent Systems.
- [OLI01] Eugénio Oliveira and Ana Paula Rocha. Agents advanced features for negotiation in electronic commerce and virtual organisations formation process. *Lecture Notes in Computer Science*, 1991, 2001.
- [PAR96] Parsons S. D. and Jennings N. R. Negotiation through argumentation-A preliminary report. In *Proceedings of the Second International Conference Multi-Agent Systems (ICMAS'96)*, pages 267–274, Kyoto, Japan, 1996.
- [PAR98] Parsons S. D., Sierra C., and Jennings N. R. Agents that reason and negotiate by arguing. *Journal of Logic and Computation*, 8(3):261–292, 1998.
- [PRA96] Prado J. P. A. *Uma Arquitetura para Inteligência Artificial Distribuída Baseada em Lógica Paraconsistente Anotada*. PhD thesis, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- [PRA96a] Prado J. P. A. and Abe J. M. O uso de lógica paraconsistente anotada em planejamento. Technical report, IEA/USP, São Paulo, 1996.

- [RAC96] Racine K. and Yang Q. On the consistency management of large case bases: the case for validation. In *Verification and Validation Workshop 1996*, 1996.
- [RIC93] Elaine Rich and Kevin Knight. *Inteligência Artificial*. Makron Books do Brasil Ltda, São Paulo, 1993.
- [ROC00] A. P. Rocha and E. Oliveira. Adaptative multi-issue negotiation protocol for electronic commerce. In *PAAM 2000 - Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology*, Manchester - UK, April 2000. Fifth International Conference on The Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology.
- [ROD90] Roda C., Jennings N. R., and Mamdani E. H. Archon: A cooperation framework for industrial process control. In *Cooperating Knowledge Based Systems*, pages 95–112, 1990.
- [ROS94] Rosenschein J. S. and Zlotkin G. *Rules of Encounter: Designing Conventions for Automated Negotiation among Computers*. MIT Press, Cambridge, 1994.
- [RUS95] Russell S. J. and Norvig P. *Artificial Intelligence: a modern approach*. Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 1995.
- [SAM90] Samuelson P. A. and Nordhaus W. D. *Economia*. McGraw-Hill de Portugal Lda, Portugal, 1990.
- [SAN03] Santos E. L., Hasegawa F. M., Ávila B. C., and Kaestner C. A. Tratamento de ruído ortográfico em indexação de documentos baseado em conhecimento e em lógica paraconsistente. In *IV Encontro Nacional de Inteligência Artificial*, Campinas - Brasil, Agosto 2003. XIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação.
- [SHM99] Shmeil M. A. H. *Sistemas Multiagente na Modelação da Estrutura e Relações de Contratação de Organizações*. PhD thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 1999.
- [SIE98] Sierra C., Jennings N. R., Noriega P., and Parsons S. D. A framework for argumentation-based negotiation. In M. P. Singh, A. Rao, and M. J. Wooldridge, editors, *Fourth International Workshop on Agent Theories Architectures and Languages*

(*ATAL-97*), volume 1365 of *Lecture Notes in Computer Science vol. 1365*, pages 177–192. Springer-Verlag, 1998.

- [SCA98] Scalabrin E., Bortolozzi F., Kaestner C., and Sabourin R. Multi-check: Une architecture d'agents cognitifs indépendants pour le traitement automatique des chèques bancaires brésiliens. In *Colloque International Francophone sur l'Écrit et le Document '98*, Canada, Maio 1998.
- [SUB87] Subrahmanian V. S. Towards a theory of evidential reasoning in logic programming. In *Logic Colloquium '87*, Spain, July 1987. The European Summer Meeting of the Association for Symbolic Logic.
- [WOO99] Wooldridge M. Intelligent agents. In Gerhard Weiss, editor, *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*, pages 27–78. The MIT Press, Cambridge, MA, USA, 1999.
- [ZLO89] Zlotkin G. and Rosenschein J. S. Negotiation and task sharing among autonomous agents in cooperative domains. In N. S. Sridharan, editor, *Proceedings of the Eleventh International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pages 912–917, San Mateo, CA, 1989. Morgan Kaufmann.

Apêndice A

Resultados

A.1 Resultados dos Testes

Vale ressaltar que as ofertas que não foram as melhores também foram aceitas pelo agente de seleção, pois essas estavam dentro do limite de aceitação. Assim como no mundo real, é impossível prever se seria possível obter um valor melhor em uma próxima interação de uma negociação. Logo, as negociações podem ser encerradas com “sucesso” se a satisfação mínima for alcançada. Os elementos das tabelas apresentadas possuem a seguinte sintaxe:

- *OCV*: indica o agente executor responsável pela compra de produtos/serviços na organização consumidora e podque utiliza a *abordagem valorada*. A coluna correspondente indica o valor de decremento;
- *OCP*: indica o agente executor responsável pela compra de produtos/serviços na organização consumidora e podque utiliza a *abordagem paraconsistente*. A coluna correspondente indica o valor de decremento;
- *OFV*: indica o agente executor responsável pela venda de produtos/serviços na organização fornecedora que utiliza a *abordagem valorada*. A coluna correspondente indica o valor de decremento;
- *OFFP*: indica o agente executor responsável pela venda de produtos/serviços na organização fornecedora que utiliza a *abordagem paraconsistente*. A coluna correspondente indica o valor de decremento;
- Interações: indica a quantidade de interações utilizadas para se chegar a um acordo;
- G_c : indica o grau de certeza com que a oferta foi aceita;

- : indica a utilidade com que a oferta foi aceita;
- Oferta aceita: indica a oferta que foi aceita e possui a seguinte sintaxe: [tamanho, modelo, cor, preço, período de pagamento, quantidade].

A.1.0.1 Cenário com Duas Organizações que Utilizam a Mesma Abordagem para Avaliação das Ofertas

Os valores de decremento utilizados nos testes com a *abordagem valorada* são 5, 10 e 15¹. Nos testes todas as combinações de organizações e valores de decremento foram utilizados. Nos primeiros testes o *OCV* fixa o decremento e o *OFV* assume um decremento diferente a cada sessão de negociação — ver Tabelas A.1, A.2 e A.3.

<i>OCV</i>	<i>OFV</i>	Interações	<i>Util</i>	Resultado	Oferta aceita
5	5	23	-4	contratado	[m, esporte, azul, 6, 120, 52]
5	10	12	-9	contratado	[m, esporte, preto, 8, 120, 56]
5	15	24	-28	contratado	[m, esporte, azul, 10, 120, 56]

Tabela A.1: Resultados da negociação entre o *OCV* com valor de decremento fixo em 5 e a *OFV* com vários valores de decremento.

Na *abordagem paraconsistente* os valores de decremento utilizados foram 2 – 10, 5 – 15, 4 – 20². De forma similar ao teste anterior, o *OCP* fixa os valores de decremento em cada teste enquanto o *OFV* utiliza cada um dos valores de decremento nos testes — ver Tabelas A.4, A.5 e A.6.

A.1.0.2 Cenário com Duas Organizações que Utilizam Diferentes Abordagens para Avaliação das Ofertas

A primeira parte dos testes é concentrado no *OCV* e o *OFV* — ver Tabelas A.7, A.8 e A.9.

A segunda parte dos testes é voltada para o *OCP* e o *OFV* — ver Tabelas A.10, A.11 e A.12.

¹Os valores são idiossincrásicos.

²2 – 10 = {2, 4, 6, 8, 10}, 5 – 15 = {5, 7, 10, 13, 15} e 4 – 20 = {4, 8, 12, 16, 20}.

<i>OCV</i>	<i>OFV</i>	Interações	<i>Util</i>	Resultado	Oferta aceita
10	5	24	-5	contratado	[m, esporte, preto, 6, 120, 52]
10	10	16	-8	contratado	[m, esporte, azul, 8, 120, 56]
10	15	32	-29	contratado	[m, esporte, preto, 10, 120, 56]

Tabela A.2: Resultados da negociação entre a *OCV* com valor de decremento fixo em 10 e a *OFV* com vários valores de decremento.

<i>OCV</i>	<i>OFV</i>	Interações	<i>Util</i>	Resultado	Oferta aceita
15	5	21	-5	contratado	[m, esporte, preto, 6, 120, 52]
15	10	14	-8	contratado	[m, esporte, azul, 8, 120, 56]
15	15	28	-27	contratado	[m, esporte, azul, 10, 120, 56]

Tabela A.3: Resultados da negociação entre a *OCV* com valor de decremento fixo em 15 e a *OFV* com vários valores de decremento.

<i>OCP</i>	<i>OFFP</i>	Interações	G_c	Resultado	Oferta aceita
2-10	2-10	12	0.6	contratado	[m, esporte, azul, 11, 120, 56]
2-10	5-15	7	0.7	contratado	[m, normal, azul, 8, 120, 56]
2-10	4-20	5	0.8	contratado	[m, esporte, azul, 8, 120, 64]

Tabela A.4: Resultados da negociação entre o *OCP* com valor de decremento fixo na faixa de valores 2 – 10 e o *OFFP* com vários valores de decremento.

<i>OCP</i>	<i>OFFP</i>	Interações	G_c	Resultado	Oferta aceita
5-15	2-10	11	0.6	contratado	[m, normal, preto, 11, 120, 56]
5-15	5-15	7	0.7	contratado	[m, esporte, azul, 8, 120, 56]
5-15	4-20	5	0.8	contratado	[m, normal, preto, 8, 120, 64]

Tabela A.5: Resultados da negociação entre o *OCP* com valor de decremento fixo na faixa de valores 5 – 15 e o *OFFP* com vários valores de decremento.

<i>OCP</i>	<i>OFFP</i>	Interações	G_c	Resultado	Oferta aceita
4-20	2-10	10	0.6	contratado	[m, esporte, azul, 11, 120, 56]
4-20	5-15	7	0.7	contratado	[m, esporte, preto, 8, 120, 56]
4-20	4-20	5	0.8	contratado	[m, esporte, preto, 8, 120, 64]

Tabela A.6: Resultados da negociação entre o *OCP* com valor de decremento fixo na faixa de valores 4 – 20 e o *OFFP* com vários valores de decremento.

<i>OCV</i>	<i>OFFP</i>	Interações	<i>Util</i>	Resultado	Oferta aceita
5	2-10	13	-18	contratado	[m, esporte, azul, 9, 120, 56]
5	5-15	12	-8	contratado	[m, esporte, azul, 8, 120, 56]
5	4-20	8	44	contratado	[m, esporte, azul, 6, 120, 64]

Tabela A.7: Resultados da negociação entre o *OCV* com valor de decremento fixo em 5 e o *OFFP* com vários valores de decremento.

<i>OCV</i>	<i>OFFP</i>	Interações	<i>Util</i>	Resultado	Oferta aceita
10	2-10	16	12	contratado	[m, esporte, azul, 6, 120, 56]
10	5-15	8	2	contratado	[m, normal, preto, 7, 120, 56]
10	4-20	7	45	contratado	[m, normal, azul, 6, 120, 64]

Tabela A.8: Resultados da negociação entre o *OCV* com valor de decremento fixo em 10 e o *OFFP* com vários valores de decremento.

<i>OCV</i>	<i>OFP</i>	Interações	<i>Util</i>	Resultado	Oferta aceita
15	2-10	14	23	contratado	[m, normal, azul, 5, 120, 56]
15	5-15	21	-19	contratado	[m, esporte, preto, 9, 120, 56]
15	4-20	6	53	contratado	[m, esporte, preto, 5, 120, 64]

Tabela A.9: Resultados da negociação entre o *OCV* com valor de decremento fixo em 15 e o *OFP* com vários valores de decremento.

<i>OCP</i>	<i>OFV</i>	Interações	G_c	Resultado	Oferta aceita
2-10	5	16	0.6	contratado	[m, esporte, azul, 10, 120, 52]
2-10	10	9	0.7	contratado	[m, esporte, preto, 8, 120, 56]
2-10	15	6	0.6	contratado	[m, esporte, preto, 10, 120, 56]

Tabela A.10: Resultados da negociação entre o *OCP* com valor de decremento fixo na faixa de valores 2 – 10 e o *OFV* com vários valores de decremento.

<i>OCP</i>	<i>OFV</i>	Interações	G_c	Resultado	Oferta aceita
5-15	5	16	0.6	contratado	[m, esporte, azul, 10, 120, 52]
5-15	10	9	0.7	contratado	[m, esporte, preto, 8, 120, 56]
5-15	15	6	0.6	contratado	[m, normal, azul, 10, 120, 56]

Tabela A.11: Resultados da negociação entre o *OCP* com valor de decremento fixo na faixa de valores 5 – 15 e o *OFV* com vários valores de decremento.

<i>OCP</i>	<i>OFV</i>	Interações	G_c	Resultado	Oferta aceita
4-20	5	16	0.6	contratado	[m, normal, azul, 10, 120, 52]
4-20	10	9	0.7	contratado	[m, esporte, azul, 8, 120, 56]
4-20	15	6	0.6	contratado	[m, esporte, azul, 10, 120, 56]

Tabela A.12: Resultados da negociação entre o *OCP* com valor de decremento fixo na faixa de valores 4 – 20 e o *OFV* com vários valores de decremento.