ALBERTO AYRES BENICIO

NEGOCIAÇÃO MULTIFASE PARA A LICITAÇÃO MONO-ITEM BASEADA EM AGENTE DE SOFTWARE

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

CURITIBA

2013

ALBERTO AYRES BENICIO

NEGOCIAÇÃO MULTIFASE PARA A LICITAÇÃO MONO-ITEM BASEADA EM AGENTE DE SOFTWARE

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: *Agentes de Software*

Orientador: Prof. Dr. Edson Emílio Scalabrin

CURITIBA

2013

Benicio, Alberto Ayres.

a) NEGOCIAÇÃO MULTIFASE PARA A LICITAÇÃO MONO-ITEM BASEADA EM AGENTE DE SOFTWARE**. Curitiba, 2013. 104p.**

Dissertação – Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada.

1. Leilão Reverso, Negociação Bilateral, Agente de Software, Processo licitatório. I. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada II-t

Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Escola Politécnica
Programa de Pós-Graduação em Informática

PUCPR
GRUPO MARISTA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

DEFESA DE DISSERTAÇÃO Nº 06/2013

Aos 25 dias do mês de Abril de 2013 realizou-se a sessão pública de Defesa da Dissertação **"Negociação Multifase para a Licitação Mono-item Baseada em Agente de Software"**.apresentado pelo aluno **Alberto Ayres Benicio,** como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Informática, perante uma Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Edson Emílio Scalabrin
PUCPR (Orientador)
(*assinatura*) _____ (*Aprov/Reprov.*). Aprov.

Prof. Dr. Bráulio Coelho Ávila
PUCPR
(*assinatura*) _____ (*Aprov/Reprov.*). Aprov.

Prof.ª Dr.ª Raquel Stasiu
UTFPR
(*assinatura*) _____ (*Aprov/Reprov.*). APROVADO

Conforme as normas regimentais do PPGIa e da PUCPR, o trabalho apresentado foi considerado Aprovado (*aprovado/reprovado*), segundo avaliação da maioria dos membros desta Banca Examinadora. Este resultado está condicionado ao cumprimento integral das solicitações da Banca Examinadora registradas no Livro de Defesas do programa.

Prof. Dr. Fabrício Enembreck
Diretor do Programa de Pós-Graduação em Informática

Programa de Pós-Graduação em Informática PPGIa PUCPR

Rua Imaculada Conceição, 1155 Prado Velho CEP 80215 901 Curitiba Paraná Brasil
Tel.: (41) 3271 1669 Fax.: (41) 3271 2121 www.ppgia.pucpr.br

"Não deixe o barulho da opinião dos outros abafar sua voz interior. E mais importante, tenha a coragem de seguir seu coração e sua intuição. Eles de alguma forma já sabem o que você realmente quer se tornar. Tudo o mais é secundário."

Steve Jobs

Dedico este trabalho a Lair Benicio que em vida foi meu herói e modelo de vida, e Erondina Ayres de Mello que me gerou e ensinou os primeiros passos.

Agradecimentos

Agradeço a Deus criador e gestor do conhecimento, minha esposa Cleonice Meira da Silva Benicio pela imensa paciência em minhas viagens, minha filha Júlia da Silva Benicio que é o alicerce do meu viver, aos amigos Thiago José Sampaio Kaiser e Jair de Oliveira Junior pelas palavras de incentivo e apoio nos momentos que quis abandonar o programa, a nutricionista Janaina Dias Kannenberg pelo auxilio nas informações nutricionais, a Pontifícia Universidade Católica do Paraná, aos professores do Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGIa), e em especial ao professor Dr. Edson Emílio Scalabrin, por me guiar no difícil caminho de obtenção do conhecimento.

Sumário

AGRADECIMENTOS IX

SUMÁRIO XI

LISTA DE FIGURAS XV

LISTA DE TABELAS XVII

LISTA DE SÍMBOLOS XIX

LISTA DE ABREVIATURAS XXI

RESUMO XXIII

ABSTRACT XXV

CAPÍTULO 1 27

INTRODUÇÃO 27

1.1 OBJETIVOS 29
1.2 MOTIVAÇÃO 30
1.3 RESTRIÇÕES 30
1.4 CONTRIBUIÇÃO 30
1.5 ORGANIZAÇÃO 30

CAPÍTULO 2 33

NEGOCIAÇÃO AUTOMÁTICA 33

2.1 INTRODUÇÃO 33
2.2 CLASSES DE NEGOCIAÇÃO 35
2.2.1 Negociação Bilateral 36
2.2.2 Negociação Multilateral 38
2.3 TÁTICAS DE NEGOCIAÇÃO 40
2.3.1 Tática Dependente do Tempo 40
2.3.2 Tática Dependente de Recurso 44
2.3.3 Tática Imitativa 46
2.4 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES 48
2.5 TRABALHOS RELACIONADOS 49
2.6 MODELO DE APRENDIZAGEM 50
2.7 ALGORITMO GENÉTICO 51

2.7.1 Cromossomo ... *53*
2.7.2 Gene ... *53*
2.7.3 População ... *53*
2.7.4 Função de Aptidão ... *54*
2.7.5 Mecanismo de Seleção ... *54*
2.7.6 Operadores Genéticos ... *55*
2.8 Considerações Finais ... 58

CAPÍTULO 3 ... **59**

APRENDIZAGEM EM NEGOCIAÇÃO MULTILATERAL ... **59**

3.1 Introdução ... 59
3.2 Representação do Licitado ... 60
3.2.1 Configuração do cardápio ... *60*
3.2.2 Configuração do Pregão ... *61*
3.3 Função de utilidade para uma licitação ... 64
3.4 Formatação de Ofertas ... 65
3.5 Estratégia de Geração de Ofertas ... 66
3.6 Táticas de Veiculação de Ofertas ... 67
3.7 Processo de Negociação ... 67
3.7.1 Ambiente de Negociação ... *68*
3.8 Processo de Aprendizagem ... 71
3.8.1 Algoritmo Genético ... *71*
3.8.2 Representação do indivíduo ... *71*
3.8.3 Critério de Seleção ... *72*
3.8.4 Função de Avaliação ... *72*
3.8.5 Cruzamento e Mutação ... *73*
3.9 Critérios de Avaliação ... 73
3.10 Especificação dos Cenários do Experimento ... 74
3.11 Protótipo ... 75
3.12 Considerações Finais ... 75

CAPÍTULO 4 ... **77**

EXPERIMENTOS E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS ... **77**

4.1 Introdução ... 77
4.2 Configuração ... 77
4.2.1 Configuração inicial dos agentes ... *77*
4.2.2 Configuração inicial das táticas ... *78*
4.2.3 Configuração dos valores da aprendizagem ... *79*
4.3 Resultados obtidos ... 80
4.3.1 Cenário I – Nenhum agente licitante utiliza aprendizagem ... *81*
4.3.2 Cenário II – Um agente licitante utiliza aprendizagem ... *82*
4.3.3 Cenário III – Dois agentes licitantes utilizam aprendizagem ... *83*
4.3.4 Cenário IV – Todos os agentes licitantes utilizam aprendizagem ... *84*
4.3.5 Cenário V – Negociação bilateral ... *86*
4.3.6 Cenário VI – Aumento gradativo do número de agentes licitantes ... *86*

4.3.7 Comparativo no nível de satisfação dos agentes 88
4.4 Considerações finais 88
CAPÍTULO 5 89
CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS 89
5.1 Discussão 89
5.2 Conclusão 89
5.3 Trabalhos Futuros 91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 93
APÊNDICE A 99
APLICAÇÃO / PROBLEMATIZAÇÃO 99
A.1 Introdução 99
A.2 Cardápio 99
A.2.1 Projeto Taco (Tabela Brasileira de Composição de Alimento) 100
A.3 Licitação 101
A.3.1 Habilitação 101
A.3.2 Modalidades da Licitação 102
A.3.3 Processo licitatório de um Pregão. 103
A.4 O Problema 104
A.5 Considerações Finais 104

Lista de Figuras

Figura 2.1 Taxonomia simplificada de negociação definida com base no número de partes envolvidas. 35
Figura 2.2. Trocas bilaterais para compra de um televisor. 36
Figura 2.3 Região de convergência de uma negociação para aquisição de um bem. 37
Figura 2.4. Curvas das ofertas de um agente A para um agente B: funções polinomial e exponencial. 43
Figura 2.5. Evolução da função α(t) para os comportamentos: *Boulware*, *Linear* e *Conceder*. 44
Figura 2.6 Estrutura geral de um algoritmo genético. 52
Figura 2.7 Cromossomo de comprimento 10 ou de 10 genes. 53
Figura 2.8 Método Roleta proposto por HOLLAND (1975). 55
Figura 2.9 Exemplo de um cruzamento de um ponto. 56
Figura 2.10 Exemplo de um cruzamento multiponto. 57
Figura 2.11 Exemplo de um cruzamento uniforme. 57
Figura 3.1 Interface para cadastro de cardápio. 61
Figura 3.2 Interface de Configuração de pregão. 62
Figura 3.3 Interface de configuração de lances iniciais. 63
Figura 3.4 Interface de gerenciamento de pregão. 63
Figura 3.5 Log de negociação de um pregão. 64
Figura 3.6. Troca de mensagens entre licitantes e pregoeiro. 69
Figura 3.7 Arquitetura simplificada de um agente. 70
Figura 4.1 Satisfação dos agentes no Cenário I - Nenhum agente licitante utiliza aprendizagem. 81
Figura 4.2 Satisfação dos agentes no Cenário II – Um agente licitante utiliza aprendizagem. 82
Figura 4.3 Satisfação dos agentes no Cenário III – Dois agentes licitantes utilizam aprendizagem. 84

Figura 4.4 Comparativo entre o cenário IV e cenário V onde todos os agentes utilizam Aprendizagem e Adaptação. 85
Figura 4.5 Aumento gradativo do número de agentes licitantes, 1 Agente não Utiliza Aprendizagem e Adaptação 87

Lista de Tabelas

Tabela 2.1. Velocidade de relaxação para ofertas dependente do tempo: comportamento polinomial e exponencial 42
Tabela 2.2. Ofertas de um agente A para um agente B dependente do tempo: comportamento polinomial e exponencial 42
Tabela 2.3 Valores táticas dependendo de recurso. 46
Tabela 2.4. Resumo de trabalhos relacionados aos temas negociação e aprendizagem. 49
Tabela 3.1 Função de utilidade para a tomada de preço. 65
Tabela 4.1 Valores de configuração inicial dos agentes. 78
Tabela 4.2 Valores iniciais para a tática imitativa. 79
Tabela 4.3 Valores iniciais para a tática dependente de tempo. 79
Tabela 4.4 Valores iniciais para a tática dependente de recurso. 79
Tabela 4.5 Valores de configuração do método de aprendizagem 80
Tabela 4.6 Comparativo do níveis de satisfação de cada parte de uma negociação. 88

Lista de Símbolos

∑	Soma
A	Alfa
B	Beta
T	Tempo
μ	Mil
↔	Equivalente
Δ	Delta
Γ	Gama

Lista de Abreviaturas

CRN	*Conselho Regional de Nutrição*
DOC	*Documento de Ordem de Crédito*
ENDEF	*Estudo Nacional da Despesa Familiar*
IBGE	*Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*
LOG	*Registro de Eventos Relevantes em um Sistema Computacional*
MAX	*Valor Máximo*
MIN	*Valor Mínino*
NEPA	*Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação*
TACO	*Tabela Brasileira de Composição de Alimento*
TED	*Transação Eletrônica Disponível*
UNICAMP	*Universidade de Campinas*
WEB	*World Wide Web*

Resumo

Este trabalho apresenta um modelo de negociação multifase que visa, de um lado, se utilizar da transparência e rapidez do leilão reverso (1:N) na aquisição de produtos ou serviços, e de outro, se necessário, fazer uso eficiente das trocas mútuas de uma negociação bilateral (1:1), entre o comprador e o segundo ou terceiro melhor lance. As hipóteses são: (i) o leilão reverso pode ser eficiente à medida que as especificações do licitado são exatas, e (ii) a negociação bilateral pode oferecer uma alternativa à contratação baseada em parâmetros qualitativos (e.g., prazo de entrega, proximidade de entrega, reputação do fornecedor, etc.). De maneira que esta abordagem visa, nesta ordem, primar pela concorrência do menor preço e relativizar a sutil relação "ganha-perde" própria do leilão reverso por meio de uma segunda fase de negociação. Esta última é limitada a uma relação bilateral e aplicada, se necessária, entre o comprador e segundo ou terceiro melhor lance. Sem considerar um modelo do oponente, as trocas em ambas as modalidades (1:N, 1:1), podem resultar em um baixo desempenho *vis-à-vis* dificuldade de gerar interessantes de forma automática. Nestes termos, saber montar uma oferta interessante pode ser decisivo para o sucesso de uma dada transação. Por questão de simplicidade e eficiência valeu-se da abordagem evolucionária, em particular, algoritmo genético para caracterizar as preferências do oponente. O resultado foi a definição de um framework de negociação multiface, onde cada oponente pode ou não usar o modelo de seu oponente para negociar.

Palavras-Chave: Leilão Reverso, Negociação Bilateral, Agente de Software, Processo licitatório.

Abstract

This paper presents a multiphase negotiation model which aim, on the one hand, to use the transparency and speed of the reverse auction (1: N) when purchasing products or services, and on the other hand, if necessary, make efficient use of mutual exchanges of a bilateral negotiation (1:1) between the purchaser and the second or third best bidding. The assumptions are: (i) the reverse auction can be effective if the bid specifications are accurate, and (ii) bilateral negotiation can offer an alternative to hiring based on qualitative parameters (eg, delivery time, delivery proximity, reputation of the provider, etc.). So that this approach, in this order, excel for the lowest price competition and relativize the subtle "win-lose" relationship, which is common in reverse auction, through a second trading phase. The latter is limited to a bilateral and applied relationship, if necessary, between the purchaser and the second or third best bidding. Without considering a model of the opponent, the exchanges in both modes (1: N, 1:1), can result in poor performance vis-à-vis the difficulty of automatically generating interesting ones in an automatic way. So, knowing how to get to an interesting offer can be decisive for the success of a given transaction. For simplicity and efficiency will be worth an evolutionary approach, in particular genetic algorithm to try to characterize the preferences of the opponent. It is expected that the negotiation results in bilateral maximum value for both sides.

Keywords: *Reverse Auction, Bilateral Negotiation, Agent Software, bidding process*.

Capítulo 1

Introdução

Este projeto de pesquisa enquadra-se dentro de uma visão que busca automatizar ou tornar virtuais os papéis de comprador e vendedor em organizações empresarias ou governamentais. Em particular, o interesse porta sobre o leilão reverso como processo básico para adquirir um produto ou um serviço. Para ilustrar tal processo, em um leilão regular, cada comprador está autorizado a postar um lance para cada item anunciado, que é o montante que ele está disposto a pagar para adquirir o item. O comprador que faz o lance mais alto geralmente adquire o item. Do outro lado, em um leilão reverso, o oposto é verdadeiro. O comprador publica a necessidade de um item. Em seguida, cada fornecedor interessado faz um lance, que ele espera ser pago para fornecer tal item. O fornecedor/vendedor que fez o lance mais baixo geralmente vende o item. Cada comprador define uma janela curta de tempo para licitar o preço mais baixo.

Historicamente, no mundo corporativo, a prática do leilão reverso foi iniciada por compradores automotivo e aeroespacial. Eles usavam tal técnica para adquirir peças de qualidade quase uniforme, produzidas em grandes quantidades e por diferentes fabricantes. Hoje, muitas grandes empresas usam o leilão reverso para comprar desde uma caixa de clips de papel até um plano de saúde para seus funcionários. No Brasil, em particular, por força de lei, Lei 8.666/1993, o *primeiro setor* (setor público: como Prefeituras Municipais, Governos Estaduais e a Presidência de República) é obrigado a licitar tudo que adquire e pelo menor preço, em suma, a lógica é tentar fazer o melhor uso possível dos recursos públicos. O leilão reverso, teoricamente, atende tal lógica à medida que ele favorece a concorrência e a redução de preços. Assim, o leilão reverso é bastante apreciado pelos gerentes de compras. Isto estabelece uma tendência para a aquisição de produtos ou serviços, à medida que um número

cada vez maior de grandes empresas e governos forçam os fornecedores a concorrerem por meio de leilões reversos. Do outro lado, a questão para os fornecedores é: como sobreviver em mundo regido por leilões reversos mantendo as suas margens intactas? As empresas estão essencialmente mudando os seus esforços para redução de custos.

Evidencia-se ainda o pregão sendo uma modalidade de licitação que é executada na forma de leilão reverso. Durante um pregão, seja ele em sua forma presencial ou eletrônica, a primeira ação do pregoeiro trata-se em habilitar ou não um determinado licitante de acordo com sua proposta inicial, levando em consideração os requisitos impostos no instrumento convocatório (edital). Após o processo de habilitação, julgado pelo pregoeiro, tem-se então os licitantes/vendedores habilitados a participarem da fase de lances. Não é obrigatório haver mais de 1 (um) licitante habilitado, todavia caso o número de licitantes seja inferior a 2 não haverá lances para diminuir o valor, somente uma negociação direta do pregoeiro com o licitante.

O pregão, em sua forma eletrônica, acontece por meio de softwares/sites específicos para tal finalidade, proporcionando assim, um aumento considerável na quantidade de licitantes que podem participar, uma vez que, os mesmo não precisam se deslocar até o local do comprador para poder vender.

Dentro da fase de lances, que acontece em data e horário definidos no edital, os licitantes/vendedores previamente habilitados podem oferecer lances de forma anônima, uns contra os outros. O prazo dos lances permeia uma média de 1 ou 2 horas, e deve estar definida no edital.

Vale ressaltar que uma licitação, seja ela em qual modalidade for, consiste em realizar uma compra - ou contratação de serviço — pela Administração Pública pagando o mínimo possível, economizando assim recursos públicos. Para um vendedor/licitante ser capaz de se sagrar vencedor neste tipo de leilão, o mesmo deverá ser capaz de reduzir seu preço a fim de poder concorrer com os demais. Durante a fase de lances, o licitante deve executar sua estratégia de vendas previamente traçada, contudo, em um pregão realizado na forma presencial, o licitante está suscetível aos fatores externos que podem influenciar em seu lance, em especial o fator emocional.

Para evitar que tais fatores interferiram no momento de negociação do licitante/vendedor, o uso de agentes computacionais para exercer a função de licitante é interessante, uma vez que tais agentes estão isentos aos fatores externos que podem interferir em sua negociação, fazendo com que siga apenas a estratégia traçada para tal situação.

De maneira que o recomendado para licitar um produto ou serviço, torna-se viável, quando for possível especificar de forma exata o que se deseja adquirir, podendo haver grande chance de se obter o resultado esperado por meio de um leilão. Ainda, quando se requer um processo transparente e rápido, o leilão também é a escolha mais sensata SUBRAMANIAN, (2009). O principal entrave encontra-se na sutileza da lógica básica de operação do leilão, criada muitas vezes para estabelecer uma relação "ganha-perde" entre comprador e vendedor. Isto é o que acontece nos leilões eletrônicos, onde, de um lado, o comprador aprendeu que, apesar do leilão on-line ser atrativo para criar concorrência de preços, é muito difícil colocar em competição significativa serviço e qualidade, e de outro lado, o fornecedor começou a retirar-se do leilão eletrônico por acreditar que ele não poderia obter um lucro razoável. De fato, o leilão reverso pode criar o oposto da colaboração fornecedor-cliente como uma boa prática de parceria realizada por muitos até hoje. Assim, requer-se colocar em prática um processo mais ponderado, que permite compradores e vendedores trocar informações e trabalhar em direção a um resultado que proporciona o máximo possível valor para ambos; ou seja, exige-se uma negociação ou uma relação "ganha-ganha". Quando efetivamente não é recomendado licitar um produto ou serviço? Quando uma especificação exata desencoraja uma colaboração criativa entre compradores e vendedores, neste caso, uma negociação iterativa (ofertas e contraofertas) entre as partes pode ser mais interessante SUBRAMANIAN (2009).

1.1 Objetivos

O esforço da pesquisa visa, no contexto *business-to-business*, avaliar diferentes táticas de geração de ofertas com vista à automatização de um leilão reverso, voltado em particular ao *primeiro setor* brasileiro. Este esforço deve também subsidiar a concepção de um sistema multifase de aquisição de produtos ou serviços, à medida que o processo de negociação começa por um leilão reverso e pode terminar com uma negociação bilateral entre o comprador e segundo ou terceiro melhor lance. Nesta segunda fase, espera que atores atuem de forma ponderada buscando uma relação "ganha-ganha".

Os objetivos específicos são:

- avaliar um conjunto de táticas de geração de ofertas e de cálculos de utilidade;
- aplicar uma técnica de aprendizagem computacional capaz de conduzir os envolvidos em uma negociação bilateral a uma relação "ganha/ganha",

- propor uma arquitetura de negociação automática multifase volta à aquisição de produtos ou serviços em *business-to-business*.

1.2 Motivação

A principal motivação é a redução do tempo de negociação de produtos em um processo licitatório no contexto do primeiro setor. Tais reduções devem ser alcançadas por meio da automatização de dois processos de negociação: leilão reverso (1:N) e bilateral (1:1).

1.3 Restrições

Tecnicamente, têm-se os seguintes desafios:

a) encontrar um conjunto de parâmetros e funções que permitam, por meio da aprendizagem evolucionária, dotar cada parte de um mecanismo genérico para a determinação de preferências. Esse mecanismo deve operar sobre uma visão local de um ambiente de pregão simulado; e

b) levar em consideração ainda as Leis que regem as licitações, uma vez que o projeto proposto visa atender à Administração Pública, não podendo então estar em desacordo com tais leis, em especial a Lei 8.666/1993 (Lei Geral das Licitações) e Lei 10.520/2002 (Lei do Pregão).

1.4 Contribuição

A principal contribuição é o resultado da avaliação das diferentes táticas de geração de ofertas com vista à concepção de um sistema capaz de automatizar um leilão reverso, voltado em particular para o *primeiro setor* brasileiro. Deve-se salientar que de acordo com as Leis 8.666/1993 e 10.520/2002, o *primeiro setor* brasileiro é obrigado a licitar quase tudo o que adquire e pelo menor preço na tentativa fazer o melhor uso possível dos recursos públicos. Uma segunda contribuição é a proposta de uma arquitetura multifase para um sistema de aquisição bens ou serviços, propiciando relativizar a relação *ganha-perde* presente na lógica sutil do leilão reverso por meio de uma segunda rodada entre o comprador e o segundo ou o terceiro melhor lance, na forma de uma negociação bilateral.

1.5 Organização

A dissertação foi organizada em seis capítulos. Capítulo 2: apresenta um conjunto de tipos e táticas de negociação. Os principais elementos são: as táticas de geração de ofertas e as funções de avaliação da utilidade das ofertas, fundamentação sobre a técnica de aprendizagem

computacional, conhecida como algoritmo-genético, para dotar cada negociador da segunda fase do processo de aquisição de bens ou serviços (negociação bilateral), com a capacidade de aprender sobre o seu o oponente e promover uma política ponderada que máxime os valores para ambos. Capítulo 3: descreve a arquitetura de um sistema de aquisição de bens ou serviços multifase, envolvendo: leilão reverso, negociação bilateral e uma ponderação da relação "ganha-perde", onde se busca uma relação mais próxima do "ganha-ganha". Capítulo 4: apresenta as informações necessários para que os agentes possam negociar um cardápio, e os resultados alcançados após a realização dos experimentos divididos em seis cenários. Capítulo 5: apresenta a análise dos resultados e as conclusões obtidas, bem como os trabalhos que podem ser feitos no futuro.

Apêndice A: descreve o domínio de aplicação, que versa sobre os requisitos de um cardápio equilibrado para escolas da rede pública de ensino brasileiro. Enumeram-se nesse apêndice as principais tabelas de composição de alimento vigente no Brasil e os requisitos de um bom cardápio escolar.

Capítulo 2

Negociação Automática

2.1 Introdução

Em geral, a negociação é um processo usado para resolver conflitos. Tal processo pode requerer, em nível operacional, diferentes táticas. Uma tática canônica é a troca direta e interativa de informações sobre o objeto de conflito entre as partes. E espera-se, no final desse processo, que as partes atinjam mutuamente um nível satisfação aceitável. Esse nível pode ser medido por uma função de utilidade.

Na literatura, diferentes autores apresentam suas definições de negociação, como por exemplo:

- Em PRUITT (1981), a negociação requer a interação entre no mínimo dois agentes, sendo esses agentes humanos ou autômatos. Aqui o princípio básico é que cada agente tenha objetivos específicos distintos. O comportamento é guiado pela busca da satisfação de tais objetivos. Nesse contexto, cada agente tem uma visão diferente da negociação; observa a negociação de um ponto de vista que seja conveniente a ele; e algumas vezes, faz com que o agente mude seus conceitos sobre a negociação.
- Em LI *et al* (2008), a negociação é um processo de tomada de decisão com a participação de duas ou mais partes. Tais partes ou negociadores possuem seus conflitos e interesses, mas conseguem estabelecer um acordo por meio de concessões mútuas e definidas em termos de oferta e contraoferta.
- Em RAU *et al.* (2006), a negociação é também um processo, à medida em que uma decisão conjunta é tomada por duas ou mais partes com objetivos individuais opostos,

onde os agentes expressam suas ofertas contraditórias e, em seguida, buscam estabelecer um acordo por meio de concessões definidas em termos de oferta e contraoferta.

- Em RAHWAN *et al*. (2002), a negociação é o processo entre dois ou mais agentes com critérios, restrições e preferências individuais. Esse processo visa estabelecer um objetivo geral comum, que é o ponto onde comprador e vendedor têm suas satisfações atendidas. O termo de acordo da negociação pode ser o valor de um bem, o prazo de entrega, o prazo de garantia, etc.
- Em ROMANHUKI (2008), a negociação entre agentes virtuais (entidades de software dedicadas a propósitos específicos), é iniciada quando dois agentes começam a interagir entre si, por meio da troca de ofertas e contraofertas. Cada troca é formatada em uma mensagem eletrônica. Ela inclui uma performativa, um emissor, um destinatário e um conteúdo. A performativa define, em termos técnicos, um protocolo de comunicação. Além disso, é usada uma estrutura particular e mecanismo de controle que permitem estabelecer limites de valores e avaliar as regras de condução de uma negociação automática.
- Em SHMEIL (1999), a negociação é um processo sofisticado. Ele inclui noções importantes de estratégia e tática a ser aplicadas durante a negociação. A estratégia consiste em gerar uma oferta inicial, *incrementar* os valores que satisfazem os critérios, para seus valores de utilidade máxima (que satisfaz mais), e para as demais ofertas/contraofertas, quando não for mais possível manter o valor do critério escolhido, *decrementar* de uma unidade, o valor relativo da instância do critério em questão. A tática consiste na troca de informações. Pode-se considerar uma proposta efetiva para um protocolo de negociação automática, entre agentes de software, que podem comprar/vender produtos ou serviços.

De forma semelhante às contribuições de ROMANHUKI (2008) e SHMEIL (1999), o interesse é a avaliação de um processo de negociação automatizado; onde cada parte, com o passar do tempo e sua capacidade de aprender, pode aumentar o seu conhecimento sobre a outra parte possibilitando assim, realizar uma negociação cada vez melhor *vis-à-vis* o seu objetivo. A principal diferença desses trabalhos para a proposta desenvolvida nas próximas seções é que o processo completo de negociação pode envolver duas fases, a saber: leilão reverso (1:comprador, N≥3:vendedor) e negociação bilateral (1:comprador, 1:vendedor). A primeira fase pode ser

colocada em prática com um cenário parecido ao da negociação bilateral (1:comprador, 1:leiloeiro, N=1:vendedor). O leiloeiro deve estimular o vendedor a relaxar os seus interesses. Espera-se, aqui, um comportamento de satisfação mutua na negociação bilateral. Para atingir tal expectativa, cada ator deve ser capaz de aprender sobre a outra parte e tentar empreender políticas de ofertas *ganha/ganha*.

A seguir serão apresentados vários tipos/classes de negociação, que servirão como fundamentação dos experimentos realizados, bem como alguns trabalhos relacionados que propõem automatizar parte do processo de negociação para aquisição de bens/serviços.

2.2 Classes de Negociação

Em geral, uma determinada negociação pode ser caracterizada com base no número de partes envolvidas no processo. Por exemplo, uma negociação comercial clássica que envolve apenas um comprador e um vendedor é dita bilateral. E uma negociação que envolve mais de uma instância de um comprador ou de um vendedor é dita multilateral. A Figura 2.1 ilustra tais classes de negociação na forma de uma taxonomia.

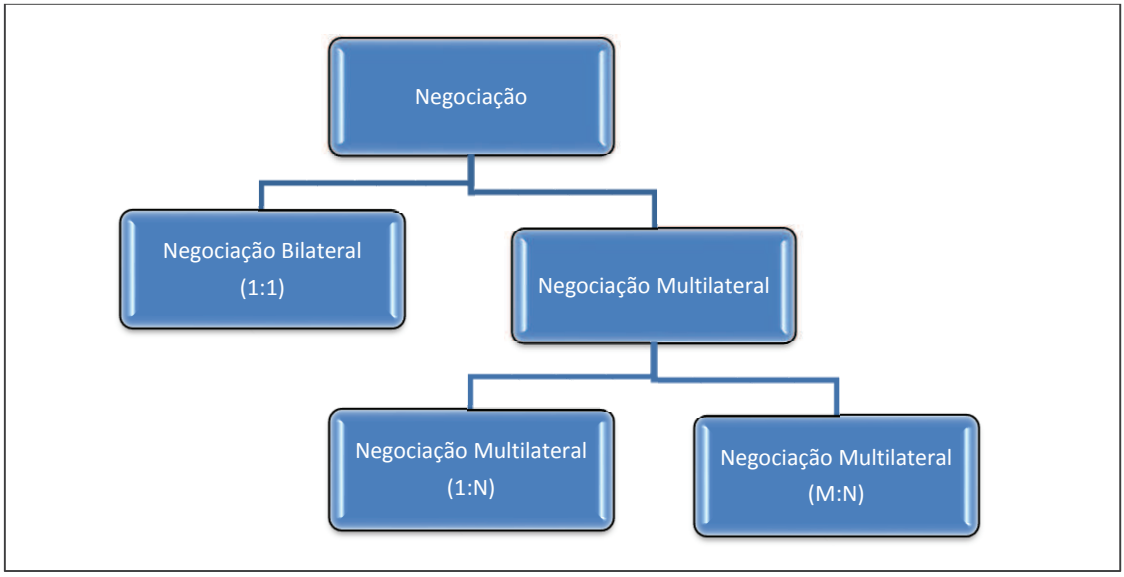


Figura 2.1 Taxonomia simplificada de negociação definida com base no número de partes envolvidas.

Cada elemento da Figura 2.1 será apresentado, a seguir, com mais detalhes. E doravante, os papéis de comprador e de vendedor serão usados para representar as partes em conflito, objeto de uma dada negociação; deve-se também subentender que cada papel será representado por um agente de software dotado de um conjunto de capacidades e comportamentos especializados.

2.2.1 Negociação Bilateral

A negociação bilateral é caracterizada por envolver apenas duas partes, sendo uma instância de cada um dos seguintes papéis: comprador e vendedor.

Em FARATIN *et* al (1998), durante um processo de negociação bilateral, uma das partes busca atingir um estágio de plena satisfação acerca de seus interesses, sem esquecer que existe uma outra parte que se deve considerar (sua satisfação) para que a negociação seja realizada. Numa negociação bilateral o modelo de operação baseia-se nas trocas de ofertas e contraofertas. Um agente A faz uma oferta a um outro agente B e, após a análise da oferta recebida, B pode aceitar ou rejeitar tal proposta. Em caso negativo, B pode disparar uma contraoferta para o agente A. A Figura 2.2 ilustra tal comportamento.

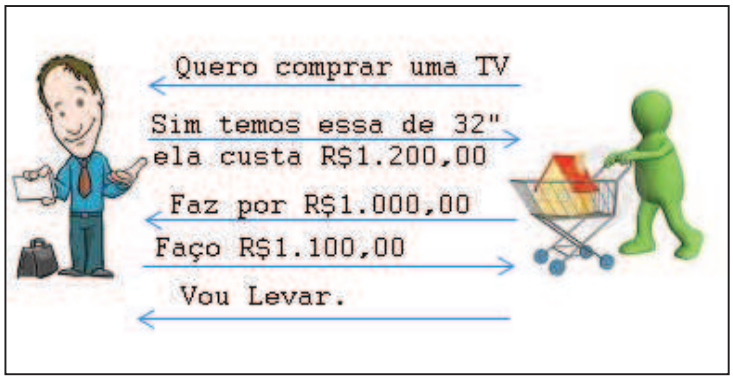


Figura 2.2. Trocas bilaterais para compra de um televisor.

A título de ilustração, um vendedor pode fazer uma proposta a um comprador, cujo o valor do critério é próximo de seu limite inicial. O comprador pode aceitar tal proposta ou fazer uma contraproposta próxima ao seu limite inicial. Esta abordagem pode assim, definir o início da negociação, que ocorrerá de forma interativa até que os envolvidos cheguem a um ponto de convergência, à medida que ambos se satisfaçam. Caso tal ponto não seja atingido, a negociação se encerra sem sucesso.

A negociação bilateral requer, de um lado, um interesse comum entre as partes, que é de efetuar uma transação por ajuste mútuo, e do outro lado, que cada parte tenha uma lista de preferências. Esta última define os domínios das ofertas e contraofertas de uma negociação. A Figura 2.3 ilustra a negociação visando à aquisição de um bem (ex. televisor), onde o vendedor tenta vendê-la fazendo uma oferta inicial no seu valor máximo (ex. R$ 1.250,00), contraofertas com valores intermediários até atingir o seu valor de reserva/mínimo (ex. R$ 1.050,00). Inversamente, o comprador faz uma proposta inicial ofertando o seu valor mínimo (ex.

R$ 1.000,00), contraofertas com valores intermediários até atingir o seu valor máximo/reserva (ex. R$ 1.150,00). Assim, os valores do intervalo de R$ 1.050,00 à R$ 1.150,00 definem a região de convergência ou de acordo.

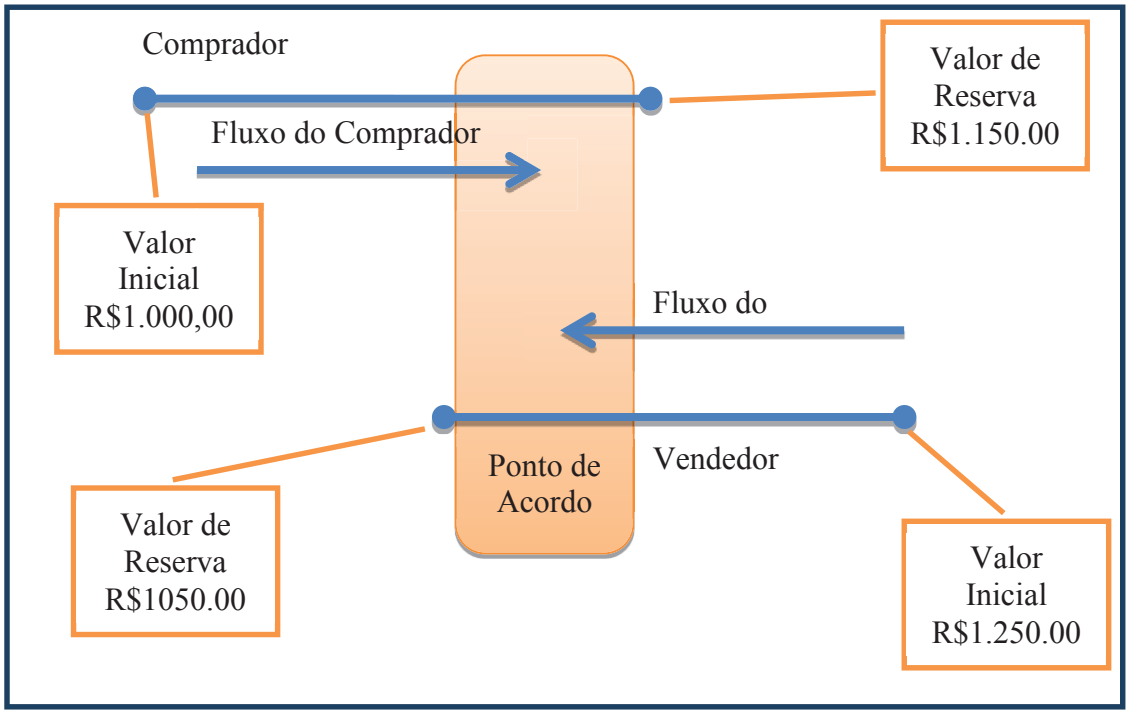


Figura 2.3 Região de convergência de uma negociação para aquisição de um bem.

Cada parte deve ser capaz de determinar o quão interessante é uma dada oferta ou contraoferta recebida. Assim, para obter tal nível de interesse, cada parte atribui a cada critério de negociação (ex. preço) um fator de importância. Em RAIFFA (1982), esse fator de importância é calculado pela equação a seguir.

$$V^i(x) = \sum_{1 \le j \le n} W_j^i * V_j^i(x_i) \qquad (2.1)$$

De modo genérico, se diz que um agente *i* atribui um fator de importância a um item *j* por meio de vetor de pesos W_j^i. Assume-se que os pesos são normalizados, i.e., $\sum W_j^i = 1$ para todo *i* em {a, b}. A partir deste ponto é possível definir uma função de avaliação de um agente para uma determinada oferta. Sendo uma oferta representada por um vetor de valores $x = (x_1, x_2 ... x_n)$

em um espaço multidimensional definido pelos intervalos de valores que caracterizam os itens em negociação, cf. definido em ROMANHUKI (2008).

Considerando que, todos os critérios de uma negociação assumem limites diferentes, o modo como um participante concilia as preferências de cada critério pode ser representada por uma função de utilidade, como a que segue.

$$V_j^i(x_j) = \frac{x_j - \min_j^i}{\max_j^i - \min_j^i} \tag{2.2}$$

onde:

- $min\frac{i}{j}$ é o valor mínimo que o agente *i* disponibiliza para a negociação se referindo ao critério *j*
- $max\frac{i}{j}$ é o valor máximo que o agente *i* disponibiliza para a negociação se referindo ao critério *j*

Para ilustrar esses valores, pode-se considerar o exemplo de um cardápio, cujos critérios são: quantidade de cálcio para uma refeição (critério j) com o limite mínimo de 400mg e máximo de 700mg. Aqui o comprador indicaria o seu interesse em cardápios que possua cálcio entre 400mg e 700mg, sendo que os cardápios que possuem a quantidade de cálcio mais próximo de 700mg são os mais indicado para o critério.

Em resumo, a negociação bilateral é interessante na medida em que ela permite experimentar cenários reduzidos de geração de oferta e contraoferta.

2.2.2 Negociação Multilateral

A negociação multilateral é caracterizada por envolver um número de participantes maior que dois. Esses participantes assumem exclusivamente os papéis de comprador ou vendedor. Em outras palavras, requer-se à interação de mais de dois negociadores, podendo ser um vendedor para vários compradores (1:N). Essa configuração, geralmente, representa o modelo clássico de um leilão. Ela pode ser exemplificada da seguinte maneira:

> Um vendedor faz a oferta de um bem *g* na modalidade negociação e vários compradores potenciais fazem contraofertas na forma de lances pelo bem *g*. O comprador que efetuar o melhor lance, do ponto de vista do vendedor, deterá o direito de adquirir o bem.

Em LENGWILER (1999), o leilão é um jogo que está divido em duas fases. Na primeira, os licitantes apresentam suas propostas. Na segunda, cada vendedor com base em todas as propostas apresentadas escolhe uma proposta que melhor atende suas expectativas.

Nesse cenário, a interação entre as partes é mais abrangente, à medida que, se não for estipulado um limite que garanta um encerramento viável ao processo, ele pode se tornar muito longo. Todavia, este finalizador pode ser determinado por um tempo de espera para que haja uma nova oferta, não a havendo até tal data, o leilão é finalizado. Existem vários tipos de leilões, dentre os quais se destacam:

- **Inglês:** trata-se de um modelo de leilão que inicia com um primeiro valor e continua com lances abertos e ascendentes.
- **Holandês:** trata-se também de um modelo de leilão que inicia com um primeiro valor e continua com lances aberto e descendentes.
- **Primeiro preço e lance fechado:** trata-se de um modelo de leilão que se define em apenas uma única rodada, no seu único lance, a melhor oferta deterá o direito de adquirir o bem pelo valor ofertado.
- **Segundo preço e lance fechado (também conhecido como Vickrey):** trata-se também de um modelo de leilão que se define em apenas uma única rodada, no seu único lance, a melhor oferta deterá o direito de adquirir o bem e a obrigação será de acordo com a segunda melhor oferta.

Analogamente ao leilão tradicional, porém invertendo-se os números de representantes de cada papel, i.e., um comprador para vários vendedores, tem-se o modelo conhecido como leilão reverso. Essa configuração pode ser exemplificada da seguinte maneira:

> Um comprador informa que deseja receber ofertas para aquisição de um bem *g* na modalidade negociação e vários vendedores potenciais fazem suas ofertas na forma de lances pelo bem *g*. O vendedor que efetuar o melhor lance, do ponto de vista do comprador, deterá o direito de vender o bem.

O leilão reverso é muito utilizado nas licitações do primeiro setor, como por exemplo, a licitação para implantação de um software em uma prefeitura. Este leilão reverso terá seus critérios especificados que, geralmente, são condições específicas para que o fornecedor participe da negociação. O ganhador da licitação será o fornecedor. Esse vencedor deve atender a todos os requisitos estipulados e possuir o menor preço dentre os participantes.

Em uma negociação multilateral pode-se confrontar com um cenário do tipo (M:N), onde faz parte da negociação, por exemplo, M compradores e N vendedores ao mesmo tempo.

A negociação pode ser feita para determinar o melhor lance para apenas um item de cada vez, doravante denominado *mono-item*, ou para determinar o melhor lance para um dos conjuntos de itens, doravante denominado *multi-item.* Em BENAMEUR *et al.* (2002), pode-se encontrar uma proposta de automatização da negociação *multi-item*.

No que tange nossos experimentos, o interesse é o leilão reverso e negociação bilateral *mono-item* (visando à negociação de um cardápio por pregão), adicionalmente, cada parte deve ser capaz de aprender quais são as preferências de seu(s) oponente(s).

2.3 Táticas de Negociação

Analogamente ao que já foi dito, uma negociação pode ser caracterizada como um processo de interação ente os agentes com a trocas de ofertas e contraofertas. As ofertas e contraofertas são feitas com base nas condições preestabelecidas em suas estratégias e táticas de negociação, HASEGAWA (2004). Desta forma, pode-se assumir que a qualidade de uma negociação está ligada a capacidade de cada negociador em potencializar ao máximo o poder de cada oferta e contraoferta. Assim, se faz necessário determinar a melhor tática a ser aplicada por cada papel que atua em uma negociação, partindo do princípio que as táticas são responsáveis pelo sucesso, ou não, de uma negociação.

Em geral, pode-se definir uma tática de negociação como um conjunto de funções aplicadas a atributos, cujo resultado deve ser um valor interessante para a negociação em curso. Um agente, ao montar sua estratégia para participar de uma negociação, pode se utilizar de uma única tática específica ou pode combinar diferentes táticas, a fim de elevar o interesse de sua proposta. O agente é responsável pela implementação de sua táticaEle pode optar por mais de uma tática, e neste caso, as tática recebem um peso diferente para cada uma. NALEPA (2010).

A proposta para a construção das funções que fazem parte deste trabalho são as mesmas utilizadas por FARATIN *et al.* (1998), por se adequar melhor ao contexto de uma licitação. Que serão melhores detalhadas nos itens 2.3.1, 2.3.2 e 2.3.3.

2.3.1 Tática Dependente do Tempo

Para elaborar sua tática, o agente tem como parâmetro principal o tempo restante para o final da negociação. Assim, quanto mais próximo do término da negociação, maior é a tendência

de que haja um entendimento rápido entre os negociadores. O que determina o valor da próxima oferta é o tempo FARATIN *et al*. (1998) e isto pode ser operacionalizado por meio de funções e fatores.

Segundo PINHO JR (2002) o valor é variado, em função do tempo que resta para finalizar a negociação, seu modelo é construído a partir do tempo máximo para concluir uma negociação. A tática dependente do tempo considera o tempo gasto em uma negociação para decidir em utilizar um comportamento mais concessivo ou ambicioso. OLIVEIRA (2006).

Segundo NALEPA (2010) para que uma agente calcule o valor de uma oferta é preciso definir a variação das ofertas de acordo com a linha do tempo. Para obter a oferta inicial deve-se usar um fator de geração de valores que pertençam ao domínio do atributo *j* de uma negociação, por exemplo, quantidade. Para definir tal fator e, consequentemente, calcular o valor de cada oferta, faz-se uso da constante k_a^j. O valor da oferta é obtido por meio da Equação (2.3):

$$x_{a\to b}^{t}[j] = \begin{cases} \min_j^a + \alpha_j^a(t)\left(\max_j^a - \min_j^a\right) & v_j^a - decrescente \\ \min_j^a + \left(1-\alpha_j^a(t)\right)\left(\max_j^a - \min_j^a\right) & v_j^a - crescente \end{cases} \quad (2.3)$$

Onde:

- $\min_j^a$ é o valor mínimo da negociação para o agente *a* e critério *j*.
- $\max_j^a$ é o valor máximo da negociação para o agente *a* e critério *j*.
- α_j^a é valor de uma função exponencial ou polinomial para o intervalo [0,1].

A função α(t) é utilizada para efetuar o cálculo da variação das ofertas referente ao tempo *t*. Esta função pode ser polinomial—Equação (2.4) ou exponencial—Equação (2.5) FARATIN *et al*., (1998). O comportamento da função polinomial é relaxar os valores de uma negociação de forma constante. Por outro lado, o comportamento da função exponencial é relaxar os valores de forma mais lenta no início de uma negociação e de forma mais rápida tendendo para o final.

$$\alpha_t^a(t) = k_j^a + \left(1 - k_a^j\right)\left(\frac{\min\left(t, t_{\max}^a\right)}{t_{\max}^a}\right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (2.4)$$

$$\alpha_t^a(t) = e^{\left(1-\frac{\min(t,t^a_{\max})}{t^a_{\max}}\right)^{\beta} \ln\ k_j^a} \qquad (2.5)$$

Onde:

- k_j^a é uma constante que determina o valor do critério j para ser ofertado na primeira proposta pelo agente a.
- β é a constante que determina o comportamento de uma negociação.
- t é o tempo de uma negociação.

A seguir será ilustrado um exemplo da utilização das equações polinomial e exponencial. Para tal será usado o conjunto de tempos t = 6 e os seguintes valores β= 0,5; $\min_j^a$=220; $\max_j^a$ =900 e k_j^a = 0,2.

A Tabela 2.1 mostra valores para as equações polinomial e exponencial.

Tabela 2.1. Velocidade de relaxação para ofertas dependente do tempo: comportamento polinomial e exponencial

Tempo(t)	α Polinomial	α Exponencial
0,00	0,20	0,20
0,20	0,23	0,24
0,40	0,33	0,29
0,60	0,49	0,36
0,80	0,71	0,49
1,00	1,00	1,00

A Tabela 2.2 mostra a geração de ofertas tomando como base os valores da Tabela 2.1 aplicados a Equação 2.3.

Tabela 2.2. Ofertas de um agente A para um agente B dependente do tempo: comportamento polinomial e exponencial

Tempo(t)	α Polinomial	α Exponencial
0,00	356,00	356,25
0,20	377,76	381,45
0,40	443,04	415,75
0,60	551,84	466,00
0,80	704,16	551,34
1,00	900,00	900,00

As curvas da Figura 2.4 ilustram graficamente o comportamento dos valores Tabela 2.2. Pode-se observar que a função polinomial relaxa os valores de forma mais uniforme do começo ao final do processo de negociação. Já na função exponencial, o agente tenta manter o valor da oferta onde ele será mais beneficiado e apenas ao chegar próximo do final do processo de negociação, ele relaxa os valores de forma mais rápida.

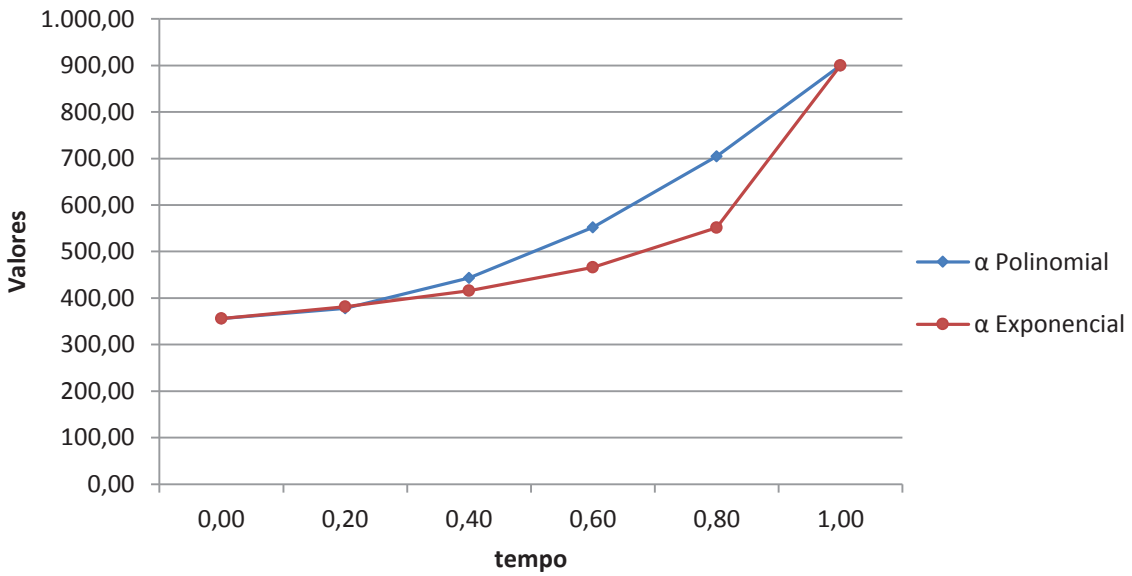


Figura 2.4. Curvas das ofertas de um agente A para um agente B: funções polinomial e exponencial.

Quando a tática é dependente do tempo, o comportamento de uma negociação pode ser definido por uma constante denominada ß. As funções α(t) podem assumir três comportamentos para determinar como as ofertas são geradas. Eles são:

- **Boulware**: a parte mantém uma postura rígida visando atingir o lucro durante quase toda a negociação, só relaxando as ofertas ao final de negociação. Tendo o valor da constante ß sempre menor que 1.
- **Linear**: as ofertas seguem um padrão linear do início ao final do processo de negociação, e a constante ß tem seu valor igual a 1.
- **Conceder:** a parte faz suas ofertas com um valor próximo ao limite do processo de negociação, e tem o valor da constante ß sempre maior que 1.

A Figura 2.5 ilustra como que tais comportamentos divergem em suas ofertas em um mesmo ponto na linha de tempo (t); esses três comportamentos para as funções α(t) são detalhados em (FARATIN *et* al., 1998).

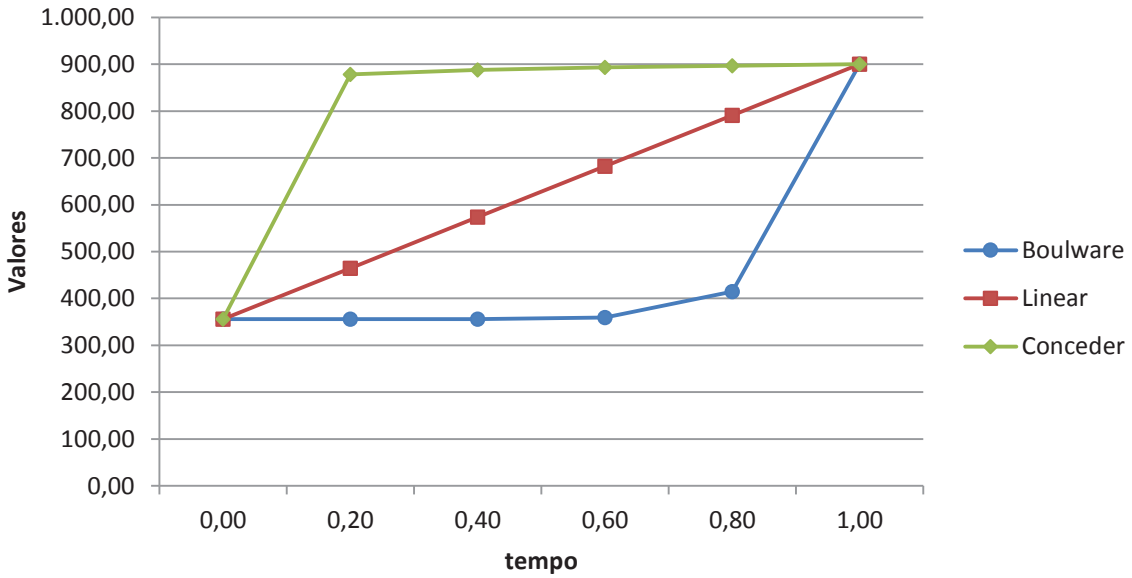


Figura 2.5. Evolução da função α(t) para os comportamentos: *Boulware*, *Linear* e *Conceder*.

Em geral, quando o processo de negociação está chegando ao seu final, todos os agentes, independente de comportamento realizam suas ofertas próximo ao ponto limite da negociação. Isto ocorre para garantir que o processo de negociação seja concluído com êxito, não permitindo assim que um dos participantes do processo de negociação desista e descarte o processo. Cada parte dependendo da estratégia adotada reage com ofertas mais generosas ou concede descontos maiores.

2.3.2 Tática Dependente de Recurso

Aqui, o mecanismo de geração de ofertas e contraofertas tende a gerar valores com base na quantidade de recursos disponíveis. Assim, o comportamento do agente muda conforme os recursos tornam-se escassos. Por exemplo, quando há recursos abundantes o agente comporta-se inicialmente de forma mais agressiva, reduzindo seu ímpeto à medida que os recursos se esgotam, tornando-se mais submisso. Esta táctica modela a pressão que a escassez impõe ao comportamento de um agente PEREIRA (2004). Afim de comparação, esta tática é similar à tática dependente de tempo, supondo que se considere o tempo como recurso. Esta tática também

gera contraofertas que dependem do uso (no tempo) de um recurso, por exemplo: o número de agentes interessados em uma negociação, o tempo de negociação, etc. ROMANHUKI (2008).

Segundo PINHO JR. (2002) os valores de uma oferta são gerados conforme um determinado recurso está sendo consumido. O agente tende a ser mais conciliador, à medida que os recursos disponíveis diminuem (número de oponentes existentes, quantidade de dinheiro, etc). Funcionam como uma tática dependente do tempo sendo que o recurso considerado não é o tempo. OLIVEIRA (2006).

Para ser possível calcular o valor da tática é preciso que seja determinado a quantidade de recursos disponível de um dado tempo *t* para um determinado agente. NALEPA (2010)

Pode-se representar a função tática dependente de recurso pela Equação (2.6).

$$\alpha_j^a(t) = k_j^a + \left(1 - k_j^a\right) e^{-resource(t)} \tag{2.6}$$

A função *resource(t)* sugere a quantidade de recursos no tempo *t* para um agente *a*. A seguir são enumeradas, como exemplo, três funções:

$$resource^a(t) = \left| N^a(t) \right| \tag{2.7}$$

O número de agentes de negociação é o recurso. Significando que, quanto mais agentes na negociação, se tem menos pressão para realizar concessões.

$$resource^a(t) = \mu^a \frac{\left|N^a(t)\right|^2}{\sum_i \left|x_{i\leftrightarrow a}^t\right|} \tag{2.8}$$

Onde:

- μ^a representa o tempo que um agente considera razoável para negociar com um único agente.
- $N^a(t)$ número de agentes e o tempo
- $\left|x_{i\leftrightarrow a}^t\right|$ representa o período do segmento atual entre *i* e *a*.

$$resource^a(t) = \min\left(0, t - t^a \max\right) \tag{2.9}$$

Neste caso, a quantidade de recursos diminui de forma linear em relação ao tempo. Uma análise mais aprofundada destas táticas pode ser obtida em FARATIN *et al* (1998).

Para ilustrar o exemplo de uma tática dependendo do recurso será utilizada a Tabela 2.3 que exemplifica as equações 2.6 e 2.9 e $k_j^a = 0{,}2$.

Tabela 2.3 Valores táticas dependendo de recurso.

Tempo(t)	*Resource*(t)	Valor
0,00	-1,00	2,37
0,20	-0,80	1,98
0,40	-0,60	1,66
0,60	-0,40	1,39
0,80	-0,20	1,18
1,00	0,00	1,00

Nesse exemplo, se pode verificar que com o passar do tempo o recurso se torna cada vez mais escasso.

2.3.3 Tática Imitativa

A base do comportamento da tática imitativa consiste, por exemplo, em fazer com que um vendedor, gere uma oferta e aguarde uma contraoferta de um comprador. O vendedor avalia a contraoferta recebida e com base na mesma, emprega uma tática semelhante ao seu oponente de negociação. Para ilustrar, pode-se assumir o seguinte cenário, um vendedor *a* inicia uma oferta *p* para um produto sugerindo como preço inicial de negociação R$ 600,00. O comprador *b* recebe a oferta *p* e dispara uma contraoferta *q* para o mesmo produto sugerindo como preço de negociação R$ 300,00. A segunda oferta do vendedor *a* é de R$ 560,00. O comprador *b*, imitando a tática emprega pelo vendedor *a*, elaborar sua contraoferta de R$ 340,00, aumentando na mesma magnitude o seu valor. Desta forma, nas táticas imitativas, uma contraoferta é determinada pelo comportamento do oponente FARATIN *et al*., (1998).

Segundo PINHO JR. (2002) está tática gera sua próxima oferta levando em consideração as ofertas realizadas pelo seu oponente. Imitativas, nas quais o agente negociador, depois que obter uma quantidade razoável de informações sobre o seu oponente, pode imitá-lo OLIVEIRA(2006).

Em geral, uma negociação baseada em táticas imitativas apresenta vários tipos ligeiramente diferentes, como:

O tipo RELATIVE TIT-FOR-TAT tem seu comportamento expresso em percentual, onde o oponente a $\delta \geq 1$ ofertas anteriores. A Equação 2.10 fornece tal percentual.

$$x_{a\to b}^{t_{n+1}}[j] = \min\left(\max\left(\frac{x_{b\to a}^{t_{n-2\delta}}[j]}{x_{b\to a}^{t_{n-2\delta+2}}[j]} x_{a\to b}^{t_{n-1}}[j], \min_j^a \right), \max_j^a \right) \quad (2.10)$$

Onde:

- $x_{a\to b}^{t}$ oferta do agente *a* para o agente *b* no tempo *t*;
- $\min_j^a$ valor mínimo do critério *j* para o agente *a*;
- $\max_j^a$ valor máximo do critério *j* para o agente *a*;
- δ número de passos anteriores que são analisados;

No tipo RANDOM ABSOLUTE TIT-FOR-TAT é semelhante ao anterior. Porém, ela utiliza valores absolutos. Se um agente *a* relaxa sua oferta em R$ 40,00, então usando a tática imitativa, o seu oponente *b* também relaxa sua contraoferta em R$40,00. A Equação 2.11 fornece tal valor de relaxação.

$$x_{a\to b}^{t_{n+1}}[j] = \min\left(\max\left(x_{a\to b}^{t_{n-1}}[j] + \left(x_{b\to a}^{t_{n-2\delta}}[j] - x_{b\to a}^{t_{n-2\delta+2}}[j]\right) + (-1)^s R(M), \min_j^a\right), \max_j^a\right) \quad (2.11)$$

Onde:

- $x_{a\to b}^{t}$ é uma oferta do agente *a* para *b* no tempo t.
- $\min_j^a$ é o valor mínimo do critério *j* para o agente *a*.
- $\max_j^a$ é o valor máximo do critério *j* para o agente *a*.
- δ é o número de passos anteriores que são analisados.
- R(M) é uma função que gera valores randômicos para intervalo [0,M].

Já o tipo AVERAGE TIT-FOR-TAT o comportamento do agente é expresso na forma de um percentual. A condição para aplicar esta tática é n > 2γ. A Equação 2.12 fornece o valor para tal relaxação.

$$x_{a\to b}^{t_{n+1}}[j] = \min\left(\max\left(\frac{x_{b\to a}^{t_{n-2\gamma}}[j]}{x_{b\to a}^{t_n}[j]} x_{a\to b}^{t_{n-1}}[j], \min_j^a \right), \max_j^a \right) \quad (2.12)$$

Onde:

- $x_{a\to b}^{t}$ é uma oferta do agente *a* para *b* no tempo *t*.
- $\min_j^a$ é o valor mínimo do critério j para o agente *a*.
- $\max_j^a$ é o valor máximo do critério j para o agente *a*.
- γ é o número de ofertas para calcular a média.

2.4 Algumas Considerações

Pode-se ter uma representação formal das funções de decisão para um agente/parte realizar negociações bilaterais. Entretanto, não é possível obter uma solução ótima para esse domínio. Isto requer a criação de um modelo em que cada parte procure sempre elevar, ao máximo, sua função de avaliação/satisfação por meio de acordos com seus oponentes FARATIN *et al*. (1998). A negociação pode ser *orientada a serviço*, à medida que uma parte (o cliente) requer a execução de um serviço à outra parte (o fornecedor). Ela também requer a determinação dos termos e condições do contrato. É importante notar que, nesse modelo, cada parte pode assumir exclusivamente dois papéis, que estão tipicamente em conflito, a saber: comprador e vendedor ROMANHUKI (2008).

Para garantir que cada parte envolvida em um processo de negociação alcance um grau de satisfação aceitável, é necessário que cada uma das partes atribua peso diferente a cada um dos itens que estão em negociação. A maior dificuldade em encontrar soluções do tipo ganha/ganha (ou satisfação mútua), em sua maioria, deve-se ao fato das partes não possuírem conhecimentos sobre as preferências dos seus oponentes. De forma singela, isto mostra a necessidade que as partes de uma negociação apresentem e demonstrem ser capazes de aprender sobre as preferências dos seus oponentes. Em ZENG e SYCARA (1997), pode-se encontrar uma discussão mais aprofundada sobre a importância da aprendizagem na negociação.

2.5 Trabalhos Relacionados

Há vários trabalhos publicados na literatura que propõem tornar virtual a negociação comumente realizada por seres humanos. A Tabela 2.4 resume alguns dos trabalhos examinados. A última linha dessa tabela apresenta proposta que foi adotada para este trabalho.

Tabela 2.4. Resumo de trabalhos relacionados aos temas negociação e aprendizagem.

Autor	Configuração	Negociação	Aprendizagem	Especificidade
YANG Z e GENG X. (2011)	Multicritério	Multilateral	Algoritmo Genético	Define uma estrutura híbrida envolvendo em particular algoritmo genético.
SONG e ZHAN (2010)	Multicritério	Multilateral	Algoritmo Genético	Define uma estrutura híbrida envolvendo em particular algoritmo genético.
NALEPA (2010)	Multicritério	Bilateral	Rede bayesiana e IB3	Define uma estrutura voltada a detecção de mudança de conceitos ou interesses de oponentes.
LI *et* al (2008)	Multicritério	Multilateral	Algoritmo Genético	Define uma estrutura para aplicação de táticas em fases.
ROMANHUKI (2008)	Multicritério	Bilateral	Algoritmo Genético	Define uma estrutura visando melhorar a relação ganha/ganha.
PARK e YANG (2008)	Multicritério	Bilateral		Define uma estrutura que envolve o um mediador e um esquema de negociação bilateral com base na programação linear.
SHEIKHMOHAMMADY *et al.* (2008)		Multilateral		Define uma estrutura que envolve a teoria de preferência social e negociação *Fallback*.
ENEMBRECK *et al.* (2007)	Multicritério	Bilateral	Detecção de mudança de conceito	Define uma estrutura voltada a detecção de mudança de conceitos ou interesses de oponentes.
Proposta	Multicritério	Multilateral	Algoritmo Genético	Define uma estrutura que combina as formas de negociação leilão reverso e bilateral para formar um framework para negociação multifase.

2.6 Modelo de Aprendizagem

A automatização da negociação é um processo sofisticado à medida que se requer das partes envolvidas a capacidade de gerar ofertas ou contraofertas para o seu oponente, bem como avaliar se uma oferta recebida é interessante. Para iniciar tal processo, pode-se adotar a seguinte estratégia SHMEIL (1999): gerar uma oferta inicial, *incrementar* os valores que satisfazem os critérios, para seus valores de utilidade máxima (que satisfaz mais), e para as demais ofertas/contraofertas, quando não for mais possível manter o valor do critério escolhido, *decrementar* de uma unidade, o valor relativo da instância do critério em questão. E como tática adotar a troca de informações por meio envio de mensagens. Tal abordagem pode ser considerada como uma proposta efetiva para um protocolo de negociação automática entre agentes de software que compram/vendem bens ou serviços. Entretanto, o conjunto de critérios e seus valores podem resultar em um número excessivo de combinações à medida que cada combinação pode potencialmente ser uma oferta ou contraoferta. Esse potencial excessivo de troca de mensagens entre as partes pode inviabilizar a automatização racional do processo de negociação. Em outras palavras, deve-se dotar cada parte com a capacidade de gerar boas ofertas e contraofertas *vis-à-vis* a redução do número de trocas de mensagens. Nesses termos, cada parte deve ser capaz de descobrir quais são os critérios e os seus valores mais interessantes para montar uma oferta ou contraoferta.

Visto que, a aprendizagem evolucionária, com algoritmo genético, tem-se mostrado potencialmente apropriada, por sua natureza, para fornecer um quadro de trabalho para descobrir os melhores critérios para, por exemplo, gerar ofertas interessantes para as partes ROMANHUKI (2008).

Deve-se frisar que, em uma negociação onde as partes são agentes de software, cada parte não tem diretamente nenhum conhecimento sobre os interesses da outra; ou seja, os conhecimentos e o controle são locais. De forma que, sabe-se que na evolução natural das espécies, onde os indivíduos mais adaptados ao meio possuem as maiores probabilidades de sobreviverem e de se reproduzirem. Assim, sua informação genética será herdada por mais descendentes e terá menor probabilidade de se perder. Estas características retiradas da própria evolução das espécies serviram de inspiração para a criação da aprendizagem evolucionária com *algoritmo genético*. Tal abordagem é especialmente atrativa por não exigir que se saiba como encontrar uma solução ótima para um problema. A abordagem algoritmo genético é dessa

maneira generalizada como um método de “busca cega” para selecionar os indivíduos mais aptos a fim de formar as melhores soluções possíveis para resolução de um determinado problema.

2.7 Algoritmo Genético

Um algoritmo genético é iniciado com uma determinada população de cromossomos. As estruturas desses cromossomos entram em processo de avaliação e se reproduzem de forma que, os novos cromossomos possam representar uma melhor solução e tenham maiores chances de se reproduzir. Busca-se com o algoritmo genético uma ideia de sobrevivência do mais forte. Em outras palavras, a abordagem genética simula o comportamento da natureza onde se tem uma população de indivíduos, em que, cada indivíduo representa uma possível solução do problema.

Assim, no mundo da genética, cada indivíduo tem um grau de aptidão. Nesse ambiente interessam-se apenas pelos mais aptos. Cada indivíduo vai competir com os demais indivíduos presentes em uma população para garantir o direito de se reproduzir. Quanto mais apto esse indivíduo for, mais chances ele tem de ser selecionado para se reproduzir, tendo seu gene transmitido a futura geração, juntamente com outro indivíduo, que também teve aprovação no método de seleção. Tal comportamento gera novos indivíduos que têm características herdadas de seus antecessores. Em contra partida, os indivíduos que possuem um grau de aptidão baixo, tem uma probabilidade mínima de serem selecionados para se reproduzirem, desta forma, seus genes não serão transmitido a uma geração futura.

Sendo assim pode-se dizer que, a cada geração, se tem maiores probabilidade de atingir uma solução mais adequada para um problema. Já que os novos indivíduos estão mais aptos a enfrentar um dado problema. Pode-se dizer então que a abordagem com algoritmo genético busca a melhor solução possível para um problema por meio de um processo interativo. Essa busca ocorre dentro de um espaço das possíveis respostas para o problema em questão.

Por se tratar da abordagem genética baseada na evolução dos seres, não se pode interferir na escolha de soluções. Entretanto, deve-se eliminar da população inicial as soluções cujas aptidões sejam consideras de grau baixa, evitando assim que o processo de seleção se torne muito lento. Para que a população possa evoluir, se faz necessário a utilização de um modelo, onde cada indivíduo seja uma possível solução para o problema proposto. O algoritmo a seguir ilustra como ocorre à evolução em busca da melhor solução.

```
inicio
    gerar a população inicial;
    calcular a função de avaliação do indivíduo;
    terminar := falso;
    enquanto não (terminar) faça
    inicio
        para (tamanho da população)/2 faça
        inicio
            selecionar dois indivíduos da geração anterior para cruzamento;
            cruzar com certa probabilidade de se obter os descentes;
            realizar mutação descentes com certa probabilidade;
            calcular a função de avaliação dos descentes que sofreram mutação;
            incluir os descentes que sofreram mutação na nova geração;
        fim
        se (população convergiu) então
            terminar := verdadeiro;
    fim
fim.
```

Na Figura 2.6 mostra, na forma de um fluxograma, a estrutura de um algoritmo genético descrevendo o processo de evolução dos indivíduos.

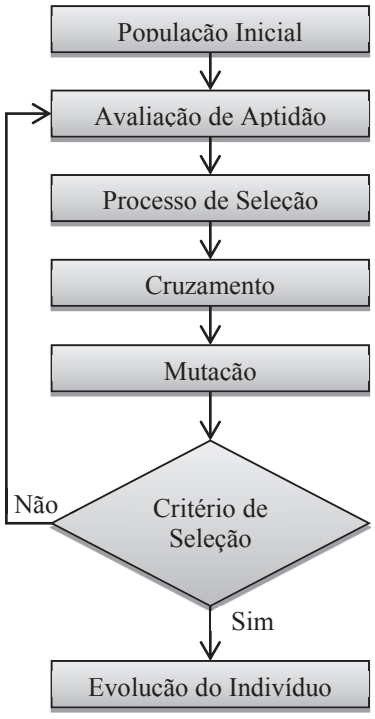


Figura 2.6 Estrutura geral de um algoritmo genético.

A seguir serão apresentados os principais elementos de um algoritmo genético.

2.7.1 Cromossomo

Um cromossomo é uma sequência de DNA que contém vários genes. Ele é a estrutura utilizada para armazenar as informações dos seres. Essa estrutura pode sofrer alterações durante a evolução. Isto quer dizer que, para cada tipo de problema que se deseja uma solução, pode-se ter uma configuração de cromossomo.

Cada cromossomo representa um indivíduo dentro de um dado ambiente. Esse cromossomo pode ser representado por cadeias binárias de comprimento fixo como, por exemplo, de 10 posições ou 10 genes (cf. Figura 2.7).

1	0	0	0	1	1	0	0	1	0

Figura 2.7 Cromossomo de comprimento 10 ou de 10 genes.

2.7.2 Gene

O gene é a unidade fundamental da hereditariedade. Cada gene é formado por uma sequência específica de ácidos nucleicos. Cada gene (parâmetro) é um segmento ou uma região de um cromossomo. Em termos de algoritmo genético, tal conjunto pode descrever as variáveis do problema que se pretende solucionar, o número de genes é determinado em conformidade com as variáveis do problema. Para cada variável é criado um gene dentro do cromossomo.

2.7.3 População

Uma população é formada por um conjunto de cromossomos ou indivíduos. O tamanho da população interfere diretamente no desempenho global e na eficiência do algoritmo genético. A população deve ter características com grandes diversidades o suficiente para que a solução do problema esteja presente no universo dos indivíduos NALDI (2006). Deve-se salientar que a representação binária tradicionalmente utilizada em algoritmos genéticos apresenta alguns inconvenientes quando aplicado a um grande conjunto de variáveis. MICHALEWICZ (1996).

A população inicial é determinada de acordo com o problema que se deseja solucionar. O usuário com o domínio do conhecimento do problema estabelece o contorno para que a população inicial possa ser gerada. A população inicial deve ser bem planejada já que populações muito pequenas podem não abrangerem a solução do problema, entende que seu espaço de busca é relativamente pequeno, e se a população contiver muito indivíduos o desempenho pode ser

afetado por ter uma quantidade exagerada de cruzamentos antes de surgir uma nova geração de indivíduos.

2.7.4 Função de Aptidão

Geralmente a aptidão do indivíduo é determinada por meio do cálculo da função aptidão, que depende das especificações de projeto. Esta função é responsável por avaliar a aptidão do indivíduo dentro do ambiente ao qual ele está inserido. Esta função tende selecionar indivíduos que estão mais próximos da resolução do problema, ou seja, mais aptos e com maiores possibilidades de sucesso. Como na natureza, a tendência é que apenas os melhores indivíduos da espécie sobrevivam como no exemplo de predadores que escolhem suas presas por apresentarem sinais de fraqueza, assim os animais mais fortes e rápidos conseguem escapar dos predadores e se reproduzirem. Os valores da função de adaptação, em conjunto com as similaridades entre as estruturas de uma população, são utilizados para dirigir o processo de busca. LOPES (1995).

Segundo MALAQUIAS (2006), a função tem o papel de avaliação do nível de aptidão de cada indivíduo. Em problemas de otimização, a função pode simplesmente representar o objetivo do problema.

2.7.5 Mecanismo de Seleção

O mecanismo de seleção visa identificar dentre os indivíduos existentes qual está mais próximo da resolução do problema. O objetivo da seleção é, naturalmente, para enfatizar os indivíduos mais aptos da população na esperança de que sua prole por sua vez tem aptidão ainda maior MITCHELL (1997). Deve-se frisar que os algoritmos genéticos são probabilísticos, mas o seu método de busca não é puramente aleatório à medida que usa um método de combinação de elementos de busca direcionado e estocástico SILVA (2008).

Para selecionar um indivíduo há vários mecanismos, cada qual com metodologias próprias. Alguns desses métodos são:

- ROLETA, proposto por HOLLAND (1975), sua representação tem o formato de uma roleta de cassino, e suas partes: (i) tem o mesmo número de indivíduos da população; e (ii) alteram de tamanho conforme a aptidão do indivíduo que representa a referida parte da roleta (cf. Figura 2.8). Em tal método, cada indivíduo recebe uma superfície correspondente a sua aptidão de existir. Assim, tem-se uma maior probabilidade de ser selecionado para reprodução o indivíduo

mais apto do que um menos apto, já que esse último ocupa um pedaço pequeno na superfície da roleta. Imagine uma roleta virtual que foi girada e onde o ponteiro parar será selecionado o indivíduo para continuar a espécie.

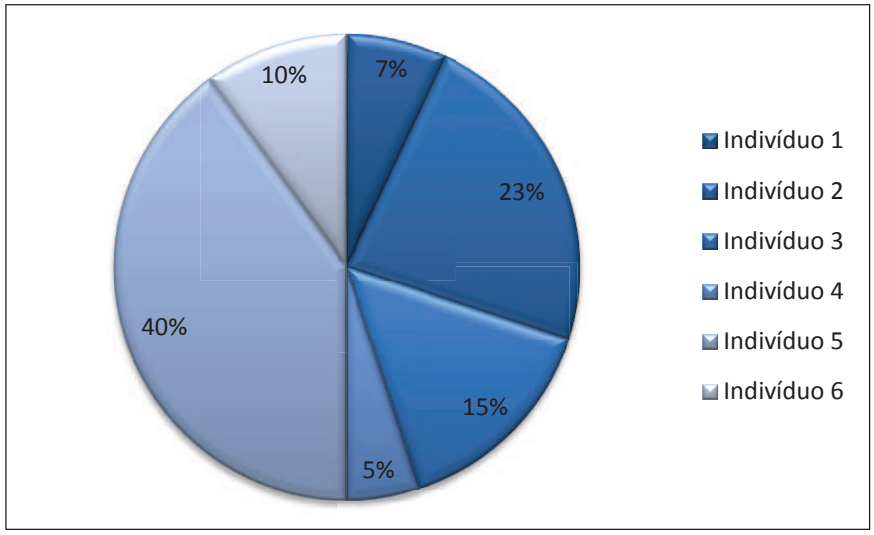


Figura 2.8 Método Roleta proposto por HOLLAND (1975).

- TORNEIO. Esse método consiste em obter aleatoriamente um determinado número de indivíduos da população, e aquele que apresentar o maior valor de aptidão é selecionado para a reprodução; a quantidade selecionada de indivíduos representa o tamanho do torneio. Esse parâmetro é definido pelo usuário. Em geral, quanto mais indivíduos, maior é a pressão seletiva, ou seja, mais rapidamente um indivíduo forte dominará a população e indivíduos fracos serão extintos (GOLDBERG (1991) CARVALHO (2005)).
- RANKING. Nesse método os indivíduos da população são classificados de acordo com a sua aptidão, mantendo um ranking da população pela sua aptidão. Segundo ROMANHUKI (2008), esse método pode ser dividido em duas etapas, na primeira são ordenadas as soluções conforme os valores de sua função de avaliação, e na segunda, um procedimento similar à seleção proporcional é aplicada. Quanto melhor a posição do indivíduo no *ranking*, maior sua chance de ser selecionado.

2.7.6 Operadores Genéticos

Os operadores genéticos têm como princípio básico transformar a população por meio das gerações, caminho que o algoritmo deve percorrer até chegar a um resultado satisfatório. Os operadores genéticos possuem uma função primordial que é a de garantir que a população se

diversifique em novas gerações e que ela mantenha características herdadas de gerações anteriores.

Podem-se encontrar operadores genéticos do tipo *cruzamento* e *mutação*, que serão responsáveis por gerar indivíduos mais aptos ao ambiente.

a) Cruzamento

Na natureza o papel dos organismos biológicos é se reproduzir. O algoritmo genético tenta combinar elementos das soluções da geração atual para criar uma nova geração, que herdem características de cada pai para estar mais próximo da solução SILVA (2008).

Pode existir ter três tipos de cruzamentos:

- **um-ponto:** nesse tipo de cruzamento é aplicado a dupla de indivíduos selecionado um ponto de corte que pode ser aleatoriamente, gerando novos indivíduos com os traços genéticos de cada um dos pais (cf. Figura 2.9).
-

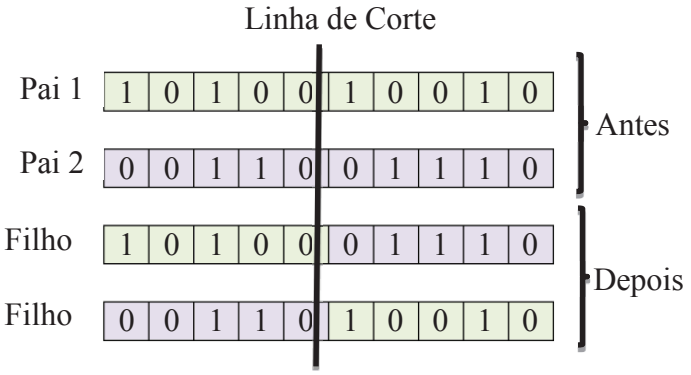


Figura 2.9 Exemplo de um cruzamento de um ponto.

- **multiponto:** nesse tipo de cruzamento os pontos são selecionados de vários pontos de corte de cada um dos pais para formar o novo indivíduo (cf. Figura 2.10).

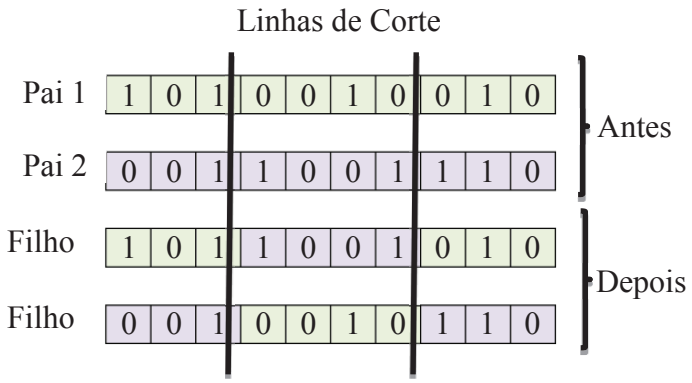


Figura 2.10 Exemplo de um cruzamento multiponto.

- **uniforme:** nesse tipo de cruzamento não são utilizadas as linhas de corte. Cada ponto de cruzamento é determinado por meio de uma máscara. Se o bit da posição 1 da máscara contém o valor 1, então o bit da posição 1 do indivíduo 1 é enviado ao filho 1 no bit da posição 1. Se o bit da posição 1 da máscara contém o valor 0, então o bit da posição 1 do indivíduo 2 é enviado ao filho 1 no bit da posição 1. Esse processo deve se repetir até completar os dados do filho 1, para a geração do filho 2 o processo é inverso SILVA (2008). A Figura 2.11 ilustra tal cruzamento.

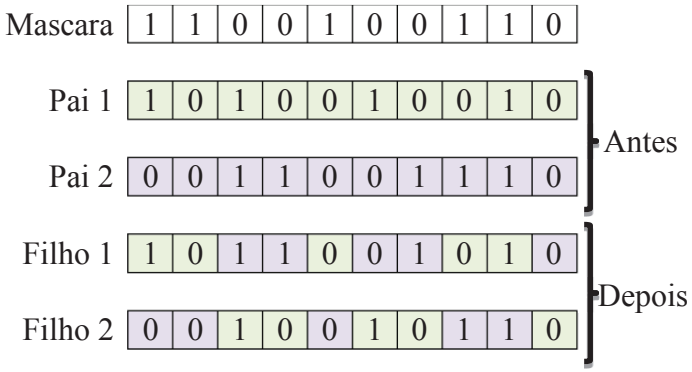


Figura 2.11 Exemplo de um cruzamento uniforme.

b) Mutação

A mutação modifica a estrutura de um cromossomo. Ela pode ser desfavorável (ou deletéria) ou favorável (benéfica ou vantajosa). Quando ela é desfavorável pode ter sua frequência reduzida na população por meio da seleção natural. Quanto ela é favorável pode se acumular as vantagens, resultando em mudanças evolutivas adaptativas. É possível citar alguns tipos de mutação cromossômica: duplicação, remoção, inversão, etc.

A mutação proporciona aos indivíduos a possibilidade de sofrerem pequenas modificações em seu gene de forma aleatória aos indivíduos da população. As mutações ajudam a população na prevenção de paralisação no processo de evolução. Elas ajudam também a manter a diversidade dos indivíduos por meio das gerações.

2.8 Considerações Finais

A fundamentação apresentada refere-se à conceituação do processo de negociação com um viés para a tentativa de automatização desse processo. As principais dificuldades são: (i) a definição de uma política de ofertas para uma negociação multilateral (e.g., leilão reverso); e (ii) a definição de uma política de ofertas e contraofertas em uma negociação bilateral. Os enfrentamentos de tais dificuldades passam pela determinação, de um lado, das estratégias para as definições dos critérios e seus valores a serem negociados, e de outro lado, das táticas para as publicações das ofertas e contraofertas.

De forma que, a efetividade de aplicação de estratégias e táticas requer que cada parte seja capaz de: (i) dinamicamente aprender as preferências do seu oponente; e (ii) produtivamente usar o aprendido para elevar o grau de satisfação do seu objetivo. Dado o exposto, espera-se verificar um comportamento, em particular na negociação bilateral, próximo de uma relação "*ganhar/ganhar"*.

Apresenta-se também os conceitos sobre algoritmo genético que foi utilizado no processo de aprendizagem de máquina de cada parte de uma negociação. A escolha pelo algoritmo genético se deve pelo fato dele apresentar grande eficiência para problemas complexos. A ideia básica neste trabalho será usar a abordagem genérica considerando cada oferta ou contraoferta um cromossomo. E sobre o conjunto observado de cromossomos de uma ou mais negociações, descobrir quais são os parâmetros mais relevantes para negociar. Espera-se, assim, conhecendo os interesses de cada oponente, estabelecer relações do tipo "ganhar/ganhar".

Capítulo 3

Aprendizagem em Negociação Multilateral

3.1 Introdução

O esforço de pesquisa concerne avaliar um modelo de negociação multifase que visa, de um lado, se utilizar da transparência e rapidez do leilão reverso (1:N) na aquisição de produtos ou serviços, e de outro lado, se for necessário, fazer uso eficiente das trocas mútuas de uma negociação bilateral (1:1), entre o comprador e o segundo ou terceiro melhor lance. A efetividade desse método passa pela verificação das seguintes hipóteses: (i) o leilão reverso é eficiente à medida que as especificações do licitado são exatas, e (ii) a negociação bilateral é uma alternativa à contratação baseada em parâmetros qualitativos (e.g., prazo de entrega, proximidade de entrega, reputação do fornecedor, etc.). Essa abordagem tende, nesta ordem, primar pela concorrência do menor preço e relativizar a sutil relação *ganha-perde* própria do leilão reverso por meio de uma segunda fase de negociação. Esta última é limitada a uma relação bilateral e aplicada, se necessária, entre o comprador e segundo ou terceiro melhor lance.

Outro fator importante é dotar cada parte de um mecanismo capaz de construir um modelo e levá-lo em conta para prever as intenções do seu oponente. Assim, sem uma representação dos oponentes, as trocas em ambas as modalidades (1:N, 1:1), podem resultar em um baixo desempenho *vis-à-vis* dificuldade de gerar ofertas interessantes de forma automática. Consequentemente, assume-se que a capacidade de um negociador em montar uma oferta interessante é primordial para elevar as chances de sucesso de uma dada transação. A escolha feita, por questão de simplicidade e eficiência, valeu-se de uma abordagem evolucionária, em particular, algoritmo genético para tentar caracterizar as preferências do oponente.

Considerando como domínio de aplicação, a licitação pública para a aquisição de itens para a composição de cardápios escolares, as etapas são do projeto são as seguintes:

- Representar a composição de um cardápio na forma de um conjunto de itens, onde cada item é descrito por uma tripla <nutriente, quantidade, importância>;
- Definir as funções de utilidade de uma oferta vis-à-vis os itens do descritor de um cardápio para as fases de leilão reverso e de negociação bilateral.
- Definir uma padrão de formatação de ofertas e contraofertas.
- Definir estratégias de geração de ofertas inicial, intermediária e final.
- Definir táticas para a veiculação de ofertas e contraofertas.
- Definir as etapas do processo de negociação.
- Definir um modelo de armazenamento e gestão das trocas *vis-à-vis* a implementação de um mecanismo de aprendizagem. Esse último deve ajudar na determinação dos melhores parâmetros de negociação para os papéis de comprador, leiloeiro e vendedor.
- Construir um protótipo computacional que permita avaliar leilões reversos como primeira fase de uma licitação e negociação bilateral como segunda fase para tentar fazer uso, por exemplo, do segundo melhor lance.

A seguir será mostrado parcialmente o que foi definido para cada das etapas acima enumeradas.

3.2 Representação do Licitado

O interesse é a representação de cardápios multi-itens. Cada item é expresso em termos de um conjunto de pares de <atributo, valor>. Por exemplo, seja C={<proteína; [8;32]; g>, <caloria; [88;200]; Kcal>, <cálcio; [19;36]; mg>, <preço; [4,00;20,00]; R$>, <qualidade; 75; %>}, um cardápio. Cada par entre colchetes define um intervalo fechado de valores. Cada sequência entre parênteses define uma lista de valores em ordem crescente de importância. Na descrição das proteínas, calorias e cálcio, os seus valores variam entre o menor e o maior de cada gênero alimentício. O nível de aceite de um cardápio por um nutricionista é traduzido pelos seguintes valores: muito ruim (ou 25%), ruim (ou 50%), bom (ou 75%) ou muito bom (ou 100%). Esta forma de representação permite maior flexibilidade na escolha/substituição de um produto no cardápio.

3.2.1 Configuração do cardápio

Para iniciar uma licitação é necessário a configuração dos valores iniciais de um cardápio, a atribuição dos parâmetros é feita por meio de uma interface ilustrada pela Figura

3.1. Desta forma, para tal é necessário informar o nome do cardápio para licitar, os valores iniciais e finais para os itens caloria, cálcio, proteína e preço, incluir a opinião de um nutricionista vis-à-vis a qualidade do cardápio em questão, e para finalizar o cardápio, deve-se informar o fator de importância de cada item.



Figura 3.1 Interface para cadastro de cardápio.

Após o requerente indicar o cardápio a ser licitado, se tem imediatamente o processo de abertura de um pregão.

3.2.2 Configuração do Pregão

A configuração do pregão é feita para indicar qual cardápio faz parte do processo licitatório, e o tempo máximo da negociação (cf. Figura 3.2).



Figura 3.2 Interface de Configuração de pregão.

Após a configuração do pregão os licitantes, os vendedores podem inserir seus lances iniciais para dar início a negociação.

3.2.3 Configuração lance inicial do licitante

Para iniciar uma negociação, os licitantes com intensão de fazer parte da licitação devem inserir os dados de seus lances iniciais com os valores de inicial e final para cada parâmetro que são: caloria, cálcio, proteína e preço e também tempo de duração da licitação. Tal configuração inclui também a utilização ou não da aprendizagem (algoritmo genético), a seleção do modo de aprendizagem, faz com que o agente tenha a capacidade de aprender com os eventos anteriores. A configuração dos lances iniciais é feita por meio da interface ilustrada na Figura 3.3.



Figura 3.3 Interface de configuração de lances iniciais.

Logo após todos os licitante indicarem ser lances inicias é preciso iniciar o processo de negociação para obter as propostas.

3.2.4 Iniciando processo de negociação

Com todos os lances iniciais devidamente registrado, se dá início a negociação por meio da interface de gerenciamento de pregão (cf. Figura 3.4), nesta interface o usuário pode fazer o gerenciamento dos pregões sendo possível adicionar novos pregões, iniciar o processo de negociação ou abrir a tela de exibição do log (cf. Figura 3.5).

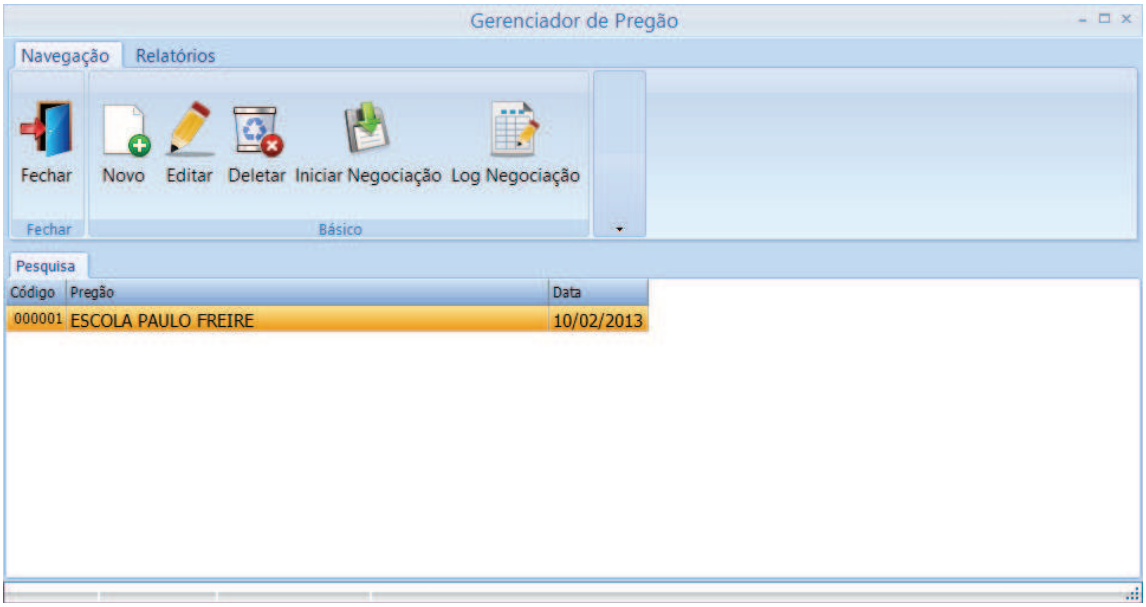
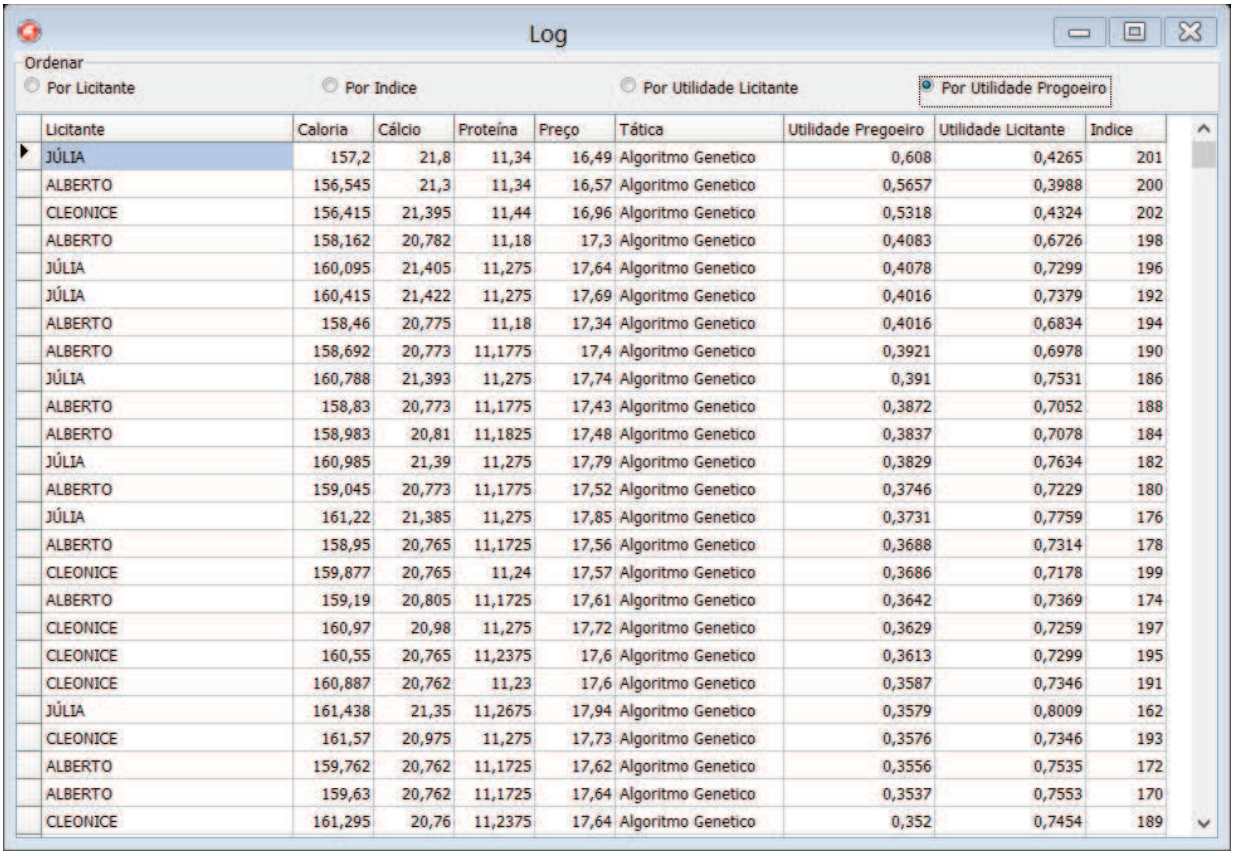


Figura 3.4 Interface de gerenciamento de pregão.



Licitante	Caloria	Cálcio	Proteína	Preço	Tática	Utilidade Pregoeiro	Utilidade Licitante	Indice
JÚLIA	157,2	21,8	11,34	16,49	Algoritmo Genetico	0,608	0,4265	201
ALBERTO	156,545	21,3	11,34	16,57	Algoritmo Genetico	0,5657	0,3988	200
CLEONICE	156,415	21,395	11,44	16,96	Algoritmo Genetico	0,5318	0,4324	202
ALBERTO	158,162	20,782	11,18	17,3	Algoritmo Genetico	0,4083	0,6726	198
JÚLIA	160,095	21,405	11,275	17,64	Algoritmo Genetico	0,4078	0,7299	196
JÚLIA	160,415	21,422	11,275	17,69	Algoritmo Genetico	0,4016	0,7379	192
ALBERTO	158,46	20,775	11,18	17,34	Algoritmo Genetico	0,4016	0,6834	194
ALBERTO	158,692	20,773	11,1775	17,4	Algoritmo Genetico	0,3921	0,6978	190
JÚLIA	160,788	21,393	11,275	17,74	Algoritmo Genetico	0,391	0,7531	186
ALBERTO	158,83	20,773	11,1775	17,43	Algoritmo Genetico	0,3872	0,7052	188
ALBERTO	158,983	20,81	11,1825	17,48	Algoritmo Genetico	0,3837	0,7078	184
JÚLIA	160,985	21,39	11,275	17,79	Algoritmo Genetico	0,3829	0,7634	182
ALBERTO	159,045	20,773	11,1775	17,52	Algoritmo Genetico	0,3746	0,7229	180
JÚLIA	161,22	21,385	11,275	17,85	Algoritmo Genetico	0,3731	0,7759	176
ALBERTO	158,95	20,765	11,1725	17,56	Algoritmo Genetico	0,3688	0,7314	178
CLEONICE	159,877	20,765	11,24	17,57	Algoritmo Genetico	0,3686	0,7178	199
ALBERTO	159,19	20,805	11,1725	17,61	Algoritmo Genetico	0,3642	0,7369	174
CLEONICE	160,97	20,98	11,275	17,72	Algoritmo Genetico	0,3629	0,7259	197
CLEONICE	160,55	20,765	11,2375	17,6	Algoritmo Genetico	0,3613	0,7299	195
CLEONICE	160,887	20,762	11,23	17,6	Algoritmo Genetico	0,3587	0,7346	191
JÚLIA	161,438	21,35	11,2675	17,94	Algoritmo Genetico	0,3579	0,8009	162
CLEONICE	161,57	20,975	11,275	17,73	Algoritmo Genetico	0,3576	0,7346	193
ALBERTO	159,762	20,762	11,1725	17,62	Algoritmo Genetico	0,3556	0,7535	172
ALBERTO	159,63	20,762	11,1725	17,64	Algoritmo Genetico	0,3537	0,7553	170
CLEONICE	161,295	20,76	11,2375	17,64	Algoritmo Genetico	0,352	0,7454	189

Figura 3.5 Log de negociação de um pregão.

Esta representação para um cardápio é insuficiente à medida que faltam informações para quantificar a utilidade de uma oferta.

3.3 Função de utilidade para uma licitação

A dinâmica de um processo de negociação requer uma avaliação da utilidade de uma oferta ou contraoferta. A oferta com a maior utilidade, para a parte que a calculou, é a vencedora do pleito. A representação definida na seção anterior é insuficiente para tornar possível tal cálculo, à medida que a especificação de um cardápio deve incluir, além da descrição em termos de <atribuo; valor>, um peso ou grau de importância para cada atributo.

Sendo assim, a especificação, por exemplo, de um cardápio C^{+}={<proteína; [18;32]; g; **10%**>, <caloria; [88;120]; Kcal; **10%**>, <cálcio; [19;36]; mg; **10%**>, <preço; [4,00;20,00]; R$; **50%**>, <qualidade; 75; %; **20%**>}, seria enriquecida por meio da inclusão de mais um elemento de informação no descritor de cada componente. Essa nova informação define o grau de importância do componente, exibida em destaque em C^{+}. A Tabela 3.1 resume a descrição de um cardápio após a tomada de preço como configuração inicial do pregoeiro.

Tabela 3.1 Função de utilidade para a tomada de preço.

Atributo	Descrição	Valor	Unidade	Peso
Preço	De R$4,00 a R$20,00	[4,00; 20,00]	Real	50%
Proteína	Varia entre o menor e o maior de cada gênero alimentício	[8; 32]	G	10%
Caloria	Varia entre o menor e o maior de cada gênero alimentício	[88; 200]	Kcal	10%
Cálcio	Intervalo entre 0 e 1 calculado por uma função de utilidade	[19; 36]	Mg	10%
Qualidade	Muito Ruim (25%), ruim (50%), bom (75%), ótimo (100%);	75	%	20%

Tratando-se de uma licitação pública, o atributo preço é compulsório e o seu limite superior define o valor de reserva do cardápio licitado. Esse valor de reserva pode ser definido por meio de uma tomada de preço no mercado.

Pesquisa de Preço

A pesquisa de preço é utilizada na fase interna ou preparatória do processo licitatório. Ela permite obter o valor de mercado do produto a ser licitado para que, de posse desse valor médio, seja possível realizar a reserva orçamentária referente à aquisição dos itens do processo licitatório. Como dito anteriormente, esse preço médio pode ser usado como limite superior ou de reserva durante a licitação.

A título de observação, a lei obriga que a Administração Pública, antes de publicar qualquer tipo de edital de licitação, comprove que a mesma possui orçamento para pagamento dos itens que forem licitados.

3.4 Formatação de Ofertas

Um cenário elementar de negociação envolve pelo menos duas partes logicamente e fisicamente independentes, e muitas vezes geograficamente distantes. E as ofertas ou lances são feitos por meio de mensagens/performativas em diferentes formatos.

Em termos pragmáticos, os lances são tornados públicos por meio de mensagens trocadas entre as partes e no seguinte formato: chamada de oferta (em inglês, *call-for-bid*) e oferta (em inglês, *bid*).

Exemplos de chamada de oferta e oferta.

```
(call-for-bid
       :sender comprador-BETA
       :receiver vendedor-ALFA
       :language XML
       :ontology LP {LP representa o conjunto de regras de uma licitação}
       :content(<proteína;g>
                <caloria;Kcal>
                <cálcio;mg>
                <preço;20,00>)
       :in-reply-with lp1)

(bid   :sender vendedor-ALFA
       :receiver comprador-BETA
       :language XML
       :ontology LP {LP representa o conjunto de regras de uma licitação}
       :content(<proteína;18;g>
                <caloria;88;Kcal>
                <cálcio;19;mg>
                <preço;20,00>)
       :reply-to lp1)
```

3.5 Estratégia de Geração de Ofertas

Uma boa política de geração de ofertas é a base do processo de leilão reverso, assim como a geração de ofertas e contraofertas o é em uma negociação bilateral. Nesses termos, há três momentos estratégicos distintos de geração de ofertas/contraofertas a considerar, a saber, inicial, intermediária e final. Para tal, a estratégia adotada consiste em gerar uma oferta inicial, incrementar os valores que satisfazem os critérios, para seus valores de utilidade máxima (que satisfaz mais), e para as demais ofertas/contraofertas, quando não for mais possível manter o valor do critério escolhido, decrementar de uma unidade, o valor relativo da instância do critério em questão. A tática consiste na troca de informações por meio de mensagens eletrônicas.

Essa abordagem será revista quando as partes forem dotadas de mecanismos que os permitem descobrirem as preferências dos seus oponentes.

3.6 Táticas de Veiculação de Ofertas

Para que um processo de negociação seja realizado é necessário que seja indicada qual tática de negociação os agentes devem utilizar para a geração dos valores de suas ofertas. As táticas utilizadas neste trabalho são a tática dependente de tempo e a tática imitativa.

3.7 Processo de Negociação

Como já dito em seções anteriores, o nosso interesse é sobre a dinâmica do processo de negociação conhecido como leilão reverso, onde participam no mínimo três partes, uma como comprador, uma como pregoeiro e uma outro como vendedor. Entretanto, em um contexto mais realista, há um comprador, um pregoeiro e vários vendedores. Tais papéis desempenham comportamentos bem definidos: o comprador é sempre a parte que indica quais são os cardápios que fazem parte de uma licitação, o pregoeiro faz a intermediação do processo entre comprador e vendedor. A função do pregoeiro é organizar e validar os lances, e os vendedores, que podem ser um ou mais, representam o papel de licitantes.

Pode-se dividir o funcionamento do processo de negociação de um leilão reverso (modalidade pregão) em cinco etapas:

- **Etapa 1:** análise da oferta inicial de cada licitante, verificando se a mesma é válida, e após essa conferência abre-se a fase de lances;
- **Etapa 2**: cada licitante que atender ao requisito da primeira etapa, efetua um novo lance com valor inferior ao lance momentaneamente vencedor;
- **Etapa 3**: se o lance dado na etapa anterior for válido, o pregoeiro o aceita e informa aos demais licitantes o valor do lance vencedor do momento;
- **Etapa 4**: após a fase de lances, o pregoeiro informa qual o lance vencedor e adjudica o objeto da licitação ao licitante detentor do lance vencedor;
- **Etapa 5**: verifica se o ganhador atende as exigências descritas em edital e se necessário dispara uma negociação bilateral com o segundo ou terceiro colocado da negociação.

A terceira e quarta etapa iteram quantas vezes forem necessárias até que o prazo de lances do pregão seja encerrado.

Como exemplo utiliza-se uma licitação ocorrida no dia 17 do fevereiro de 2012, no *site* do portal de compras da Caixa Econômica Federal, sendo comprador o SAAEC (Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Cacoal) tendo como objeto da licitação registro de preço para futura aquisição de produtos químicos. A sessão pública na Internet, para recebimento dos lances, foi aberta das 12h00min às 12h30min do dia 17/02/2012, no horário de Brasília. Conforme edital 01/2012 do SAAEC os licitantes ofertaram lances sucessivos, observado o horário fixado e as regras de aceitação dos mesmos. Só aceitaram-se os lances cujos valores foram inferiores ao último registrado no sistema. Não foram aceitos dois ou mais lances de mesmo valor, prevalecendo aquele que for recebido e registrado em primeiro lugar. Durante o transcurso da sessão pública, os licitantes foram informados, em tempo real, do valor do menor lance, vedada à identificação do detentor do lance.

3.7.1 Ambiente de Negociação

O sistema deve dispor de uma arquitetura de software com agentes distribuídos fisicamente. Cada agente deve ser capaz de gerar ofertas e contraofertas, bem como avaliar as suas utilidades. A estratégia de geração de oferta muda em função do papel que a entidade representa, que pode ser: comprador, pregoeiro e vendedor (ou vários vendedores para um leilão reverso). Cada papel deve ser dotado de um mecanismo de aprendizagem que ajude na determinação dos melhores parâmetros de negociação para os papéis de comprador, leiloeiro e vendedor.

Para que a aprendizagem ocorra, cada parte participante de um processo de aprendizagem deve gerir o histórico de suas ofertas e contraofertas. A Figura 3.6 representa genericamente, na forma de um diagrama de sequência, os principais módulos de cada parte (comprador ou vendedor) e a dinâmica de trocas.

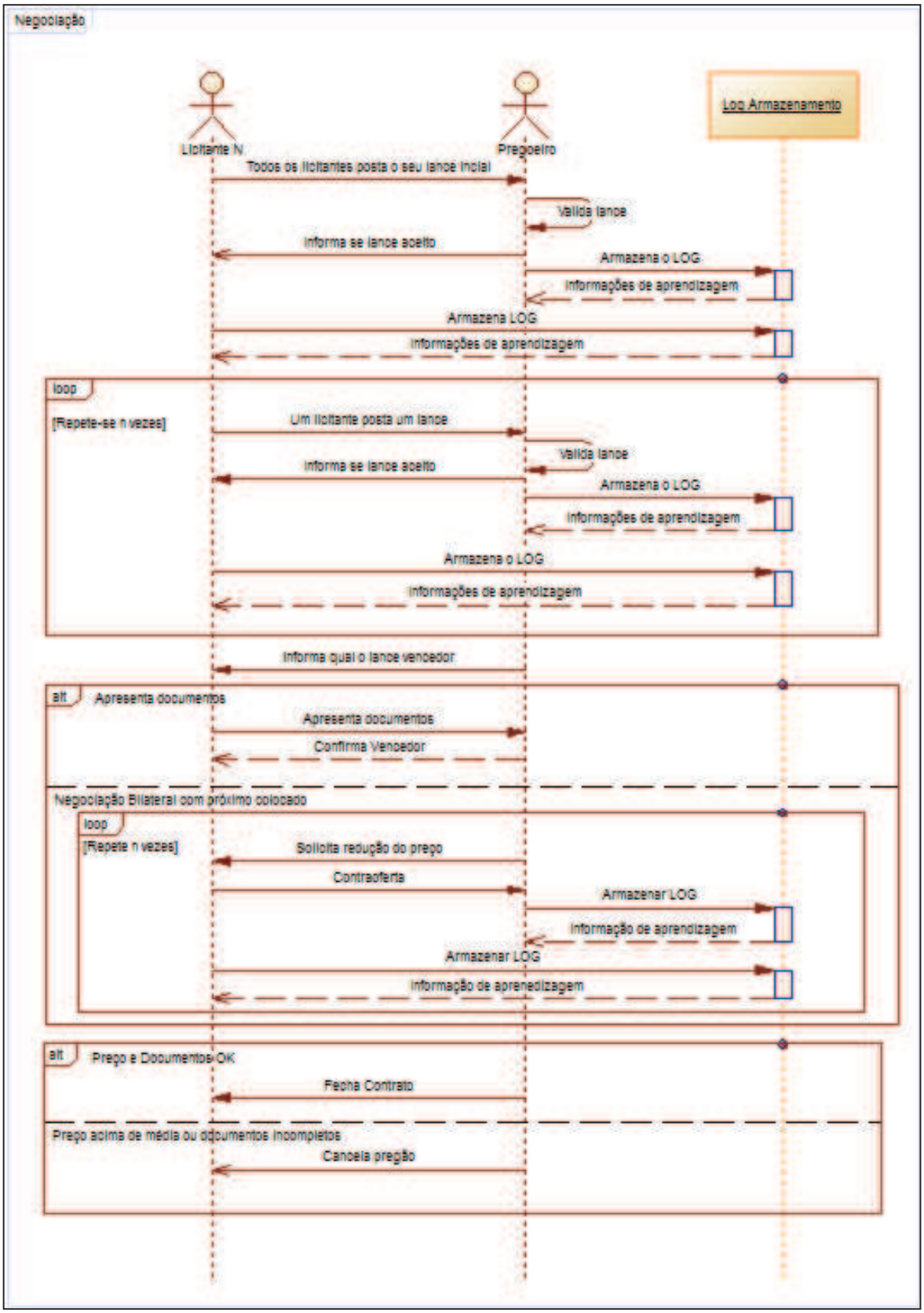


Figura 3.6. Troca de mensagens entre licitantes e pregoeiro.

Como já dito, cada participante de um leilão reverso tem uma estrutura modular semelhante (cf. Figura 3.7), a saber:

- **Parâmetros Iniciais.** Eles definem a configuração do objeto a ser negociado.
- **Parâmetros da Negociação.** Eles definem as estratégias para a geração de ofertas;
- **Processo de Negociação.** Ele programa as estratégias para a geração de ofertas interessantes e as funções para os cálculos de utilidade de contraoferta. Ele implementa também as táticas de trocas de ofertas.
- **Processo Aprendizagem.** Ele implementa um mecanismo de aprendizagem evolucionário com algoritmo genético. Tal aprendizagem é refeita a cada 30 novos eventos registrados no histórico; esse valor foi escolhido ao acaso.

Para representar a interação do agente com o ambiente a Figura 3.7 mostra a arquitetura na forma de um diagrama de blocos.

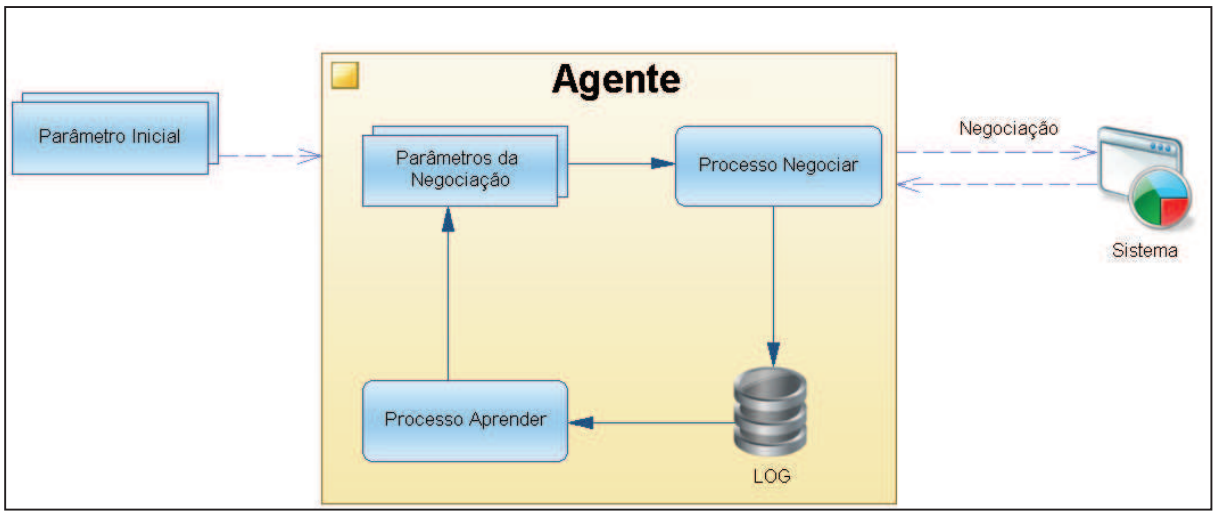


Figura 3.7 Arquitetura simplificada de um agente.

Deve-se notar que a contribuição da arquitetura *vis-à-vis* a capacidade de uma agente em geração de ofertas interessantes passa qualidade do processo de aprendizagem. Efetivamente, o que é aprendido permite representar o modelo de interesse de um oponente. Esse resultado será mostrado no próximo capítulo.

3.8 Processo de Aprendizagem

Em consonância com a proposta de automatizar a política de geração e avaliação de ofertas, o ganho de desempenho de cada parte em uma negociação passa pelo processo de aprendizagem. Tal processo inclui um algoritmo genético. Essa abordagem deve capacitar cada agente em aumentar o seu desempenho no processo de negociação, levando em consideração que o agente tem acumulado a experiência de várias negociações anteriores para que possa decidir como proceder dentro desse processo.

3.8.1 Algoritmo Genético

Um algoritmo genético para gerar uma boa solução requer uma população inicial. Tal população inclui um conjunto de possíveis soluções para o problema que se busca resolver. Para que cada indivíduo possa chegar a possível solução de tal problema ele evolui, e a cada nova geração, os indivíduos são mais aptos ao proposito e apresentam soluções cada vez melhores.

Cada indivíduo é formado pelos parâmetros utilizado para configurar e executar uma dada negociação.

3.8.2 Representação do indivíduo

O indivíduo, ou cromossomo, é o conjunto de parâmetros, ou seja, cada gene do cromossomo representa uma variável do problema que se deseja solucionar, no caso da negociação cada um representa as variáveis da função de utilidade das contraofertas. Desta maneira, o tamanho do cromossomo está diretamente ligado ao problema tratado e as possíveis soluções.

Cada gene representa um atributo utilizado como parâmetro em uma negociação, a saber:

- Gene 1 corresponde ao tempo em que a negociação foi aceita;
- Gene 2 representa as calorias;
- Gene 3 representa o cálcio;
- Gene 4 representa o proteínas;
- Gene 5 representa o preço;
- Gene 6 representa a opinião do nutricionista;
- Gene 7 representa peso da tática imitativa;

- Gene 8 representa peso da táticas dependente do tempo;
- Gene 9 representa peso da táticas dependente de recurso;
- Gene 10 representa a constante da caloria;
- Gene 11 representa a constante do cálcio;
- Gene 12 representa a constante da proteína;
- Gene 13 representa a constante do preço;
- Gene 14 representa a constante da opinião do nutricionista;
- Gene 15 define o grau de convergência da negociação;
- Gene 16 indica a função utilizada se é exponencial ou polinomial.

Definido os valores de cada gene, os indivíduos estão prontos para entrar em processo de seleção.

3.8.3 Critério de Seleção

O critério de seleção visa os melhores indivíduos para passar seu gene adiante. Cada indivíduo que aparentar a ser mais aptos é selecionado para o processo de reprodução e o indivíduo com aptidão reduzida deve ser eliminado.

Nos experimentos também foram usados o método de seleção de *ranking*.

3.8.4 Função de Avaliação

Como função de avaliação, se utilizou a satisfação do agente. Assim, a cada nova geração é calculada a satisfação da parte e, considerando os mais aptos, os mais satisfeitos. Para avaliar foi utilizada a Equação (4.1), que define a função de *fitness* do comprador e a Equação (4.2) a função de *fitness* do vendedor.

Comprador $$f = 1 + \left(\frac{1}{u}\right) \quad (4.1)$$

Vendedor $$f = 1 + \left(\frac{1}{1-u}\right) \quad (4.2)$$

Onde u é a função de utilidade.

A função de avaliação é executada toda vez que a população for submetida às operações de cruzamento e mutação.

3.8.5 Cruzamento e Mutação

Há várias formas de definir um operador de cruzamento. Nós usamos o operador de cruzamento de *um ponto* e de *dois pontos*, que obrigatoriamente deve acontecer após o oitavo gene para a negociação. Os genes anteriores ao oitavo possuem uma relação de dependência uns dos outros. Como são utilizados agentes autônomos para implementar os papeis de comprador e vendedor, o projetista não intervém na escolha do operador; a escolha é de forma aleatória durante o processo.

O processo de mutação deve ocorrer de forma reduzida, levando em consideração que, a mutação é algo inesperado e se ocorrer com muita frequência pode prejudicar o desempenho da busca. Mesmo de maneira eventual, a mutação é essencial para o processo de negociação na medida em que a mutação permite o aparecimento de indivíduos novos, garantindo assim diversidade dos indivíduos.

3.9 Critérios de Avaliação

Em um processo de negociação é necessário avaliar os resultados obtidos pelos diversos participantes. Tal avaliação pode ser feita com o princípio de Pareto. Segundo STRATHERN (1940) as pessoas ao realizar suas negociações buscam ganhar alguma coisa (lucro), e as negociações só ocorrem se ambas as partes de uma negociação obtém lucro no negócio. O "ótimo de Pareto" é alcançado quando se torna impossível melhorar os lucros de um participante da negociação sem prejudicar os lucros do outro participante.

Trata-se de um critério de avaliação que tem uma perspectiva global. Assim, cada mecanismo de negociação pode ser avaliado de acordo com a eficiência de Pareto, comparando as soluções/resultados que os mecanismos produzem. Uma solução σ é ótima de Pareto, se não houver outra solução σ, onde pelo menos um agente se encontra em melhor situação em σ.

Em nossos experimentos, o princípio de Pareto foi utilizado com critério de avaliação das interações entre as partes de uma negociação. A utilidade de uma negociação bilateral foi também usada para mostrar as relações: "perder/ganhar" e "ganhar/ganhar".

3.10 Especificação dos Cenários do Experimento

Para a experimentação foram definidos seis cenários:

- Cenário I, as partes negociam um cardápio sem colocar em prática as suas capacidades de aprendizagem e adaptação. Esse cenário envolve: um comprador e três vendedores. A avaliação foi feita com base na satisfação obtida.
- Cenário II, as partes negociam um cardápio as partes negociam um cardápio colocando parcialmente em prática as suas capacidades de aprendizagem e adaptação. Esse cenário envolve: um comprador e três vendedores, sendo que um vendedor utilizará aprendizagem e adaptação e dois não utilizaram aprendizagem e adaptação. A avaliação foi feita com base na satisfação obtida.
- Cenário III, as partes negociam um cardápio colocando parcialmente em prática as suas capacidades de aprendizagem e adaptação. Esse cenário envolve: um comprador e três vendedores, sendo que dois vendedores utilizaram aprendizagem e adaptação e um não utilizará aprendizagem e adaptação. A avaliação foi feita com base na satisfação obtida.
- Cenário IV, as partes negociam um cardápio colocando em prática as suas capacidades de aprendizagem e adaptação. Esse cenário envolve: um comprador e três vendedores, sendo que todos os vendedores utilizaram aprendizagem e adaptação. A avaliação foi feita com base na satisfação obtida.
- Cenário V, as partes já encerram a fase de licitação. O licitante vencedor do pregão não atendeu as exigências mínimas. Nesse caso, o segundo melhor lance estabelece uma negociação bilateral para tentar fechar contrato. Aqui, ambos os envolvidos utilizam aprendizagem e adaptação.
- Cenário VI, com um aumento gradativo do número de agentes vendedores, sendo que sempre um agente vendedor não utilizará aprendizagem e adaptação,
    - 10 experimento com 1 vendedor sem aprendizagem e adaptação e 2 com aprendizagem e adaptação;
    - 10 experimento com 1 vendedor sem aprendizagem e adaptação e 4 com aprendizagem e adaptação;
    - 10 experimento com 1 vendedor sem aprendizagem e adaptação e 9 com aprendizagem e adaptação;

- 10 experimento com 1 vendedor sem aprendizagem e adaptação e 49 com aprendizagem e adaptação.

3.11 Protótipo

A construção do protótipo computacional foi feita com base nos seguintes requisitos:

- deve facilitar a avaliação da geração de ofertas;
- deve facilitar a inclusão de mecanismos de aprendizagem para obter o modelo de um oponente;
- deve permitir uma negociação em duas fases: leilão rever e negociação bilateral. A negociação bilateral como segunda fase para tentar fazer uso, por exemplo, do segundo melhor lance.

3.12 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados os passos para o desenvolvimento do ambiente computacional de simulação de negociações, bem como a sugestão de um modelo de negociação multilateral e multicritério que inclui de forma compulsória a participação do pregoeiro. Tal obrigatoriedade habilita, por exemplo, realizar um leilão reverso com apenas um licitante. Definiu-se como aprendizagem evolucionária a abordagem algoritmo genético. E espera-se, mostrar por meio dos experimentos, que as partes em uma negociação bilateral exibem uma relação "*ganha/ganha"*.

A avaliação de desempenho, de cada parte em sessões de negociações, será apresentada na próxima seção. Para tal, os seis cenários definidos anteriormente foram executados e discutidos os resultados.

Capítulo 4

Experimentos e Avaliação dos Resultados

4.1 Introdução

Este capítulo apresenta duas seções. A primeira seção descreve os valores inicias para a configuração das constantes pertencentes aos agentes que fazem parte da negociação, partes destas constantes correspondem ao domínio de cada parâmetro que dão base para as negociações sem a utilização de aprendizagem, utilização de aprendizagem por parte dos agentes e com utilização de aprendizagem por todos os agentes. Outra parte das constantes corresponde a configuração da negociação, das táticas de negociação e do sistema de aprendizagem e os pesos dos atributos. A segunda seção está destinada a apresentação dos resultados obtidos com a execução dos experimentos em um ambiente de negociação multilateral onde se avalia o grau de satisfação de cada agente participante da negociação multilateral, conforme cenários descritos no Capítulo 3.

4.2 Configuração

A configuração de cada agente para determinada negociação é definida pelos valores iniciais dos parâmetros de cada agente, onde esses valores definem o comportamento que o agente terá em uma determinada negociação, esses valores interferem nas táticas de negociação e também no processo de aprendizagem do ambiente e dos agentes.

4.2.1 Configuração inicial dos agentes

Para que a negociação aconteça, primeiro é necessário que os agentes participantes recebam os valores iniciais para que sejam configurados com informações sobre o cardápio e sobre os lances iniciais para cada agente licitante, os valores inicias referentes ao cardápio

foram fornecidos pela nutricionista Janaina Dias Kannenberg. Segundo a nutricionista Kannenberg os valores nutricionais do referido cardápio tem seus valores retirados da tabela Taco descrita no apêndice A.2.1. Conforme definido na Tabela 4.1, os atributos de valores iniciais para os parâmetros da negociação são: preço (min, máx), proteína (min, máx), caloria (min, máx), cálcio (min, máx) e qualidade (seleção), bem como os valores da constante K definidos pelas taxas do valor da oferta para o preço, para a proteína, para o cálcio e para a qualidade. Também é preciso informar os pesos dos atributos que vão ser utilizados nos cálculos da função de utilidade da negociação.

Tabela 4.1 Valores de configuração inicial dos agentes.

	Pregoeiro	**Licitante 1**	**Licitante 2**	**Licitante 3**
Duração	100 ut	100ut	100ut	100ut
Preço	[14.75:18.55]	[15.50:18.40]	[15.00:18.30]	[16.00:18.23]
Proteína	[11:12]	[11.1:11.4]	[11.21:11.34]	[11.11:11.54]
Caloria	[149.35:169.35]	[153.00:161.00]	[152.40:162.00]	[151.00:163.50]
Cálcio	[20.5:21.9]	[20.6:21.3]	[21:21.8]	[20.54:21.4]
Qualidade	[0.25;0.5;0.75;1]	[0.25;0.5;0.75;1]	[0.25;0.5;0.75;1]	[0.25;0.5;0.75;1]
KPreço	[0.01;0.05;0.1;0.5]	[0.01;0.05;0.1;0.5]	[0.01;0.05;0.1;0.5]	[0.01;0.05;0.1;0.5]
KProteína	[0.01;0.05;0.1;0.5]	[0.01;0.05;0.1;0.5]	[0.01;0.05;0.1;0.5]	[0.01;0.05;0.1;0.5]
KCaloria	[0.01;0.05;0.1;0.5]	[0.01;0.05;0.1;0.5]	[0.01;0.05;0.1;0.5]	[0.01;0.05;0.1;0.5]
KCálcio	[0.01;0.05;0.1;0.5]	[0.01;0.05;0.1;0.5]	[0.01;0.05;0.1;0.5]	[0.01;0.05;0.1;0.5]
KQualidade	[0.01;0.05;0.1;0.5]	[0.01;0.05;0.1;0.5]	[0.01;0.05;0.1;0.5]	[0.01;0.05;0.1;0.5]
PesoPreço	[0.1;0.2;0.5]	[0.1;0.2;0.5]	[0.1;0.2;0.5]	[0.1;0.2;0.5]
PesoProteína	[0.1;0.2;0.5]	[0.1;0.2;0.5]	[0.1;0.2;0.5]	[0.1;0.2;0.5]
PesoCaloria	[0.1;0.2;0.5]	[0.1;0.2;0.5]	[0.1;0.2;0.5]	[0.1;0.2;0.5]
PesoCálcio	[0.1;0.2;0.5]	[0.1;0.2;0.5]	[0.1;0.2;0.5]	[0.1;0.2;0.5]
PesoQualidade	[0.1;0.2;0.5]	[0.1;0.2;0.5]	[0.1;0.2;0.5]	[0.1;0.2;0.5]

Para que a negociação seja efetivada é necessária a configuração dos valores iniciais das táticas de negociação a serem utilizadas.

4.2.2 Configuração inicial das táticas

As táticas são fundamentais em um processo de negociação. Elas são encarregadas de gerar novas ofertas para que o processo de negociação continue sem conhecimento das ações que os outros agentes irão tomar. Pode-se dizer que as táticas são feitas por meio de cálculos matemáticos realizados sobre os valores já conhecidos pelos agentes, onde esses últimos se

baseiam em suas táticas para que consigam atingir seu objetivo, que é a vitória no pregão. Para os experimentos foram utilizadas as seguintes táticas: tática dependente do recurso, tática dependente de tempo e tática imitativa, descritas na seção 2.3 deste trabalho. Como cada tática tem um comportamento próprio e baseia suas execuções em um conjunto de parâmetros, os resultados são variados conforme a tática selecionada por um agente. Os valores inicias para configuração das táticas são apresentado nas tabelas:

- Tabela 4.2 tática imitativa;
- Tabela 4.3 tática dependente de tempo; e
- Tabela 4.4 tática dependente de recurso.

Tabela 4.2 Valores iniciais para a tática imitativa.

	Pregoeiro	**Licitante 1**	**Licitante 2**	**Licitante 3**
Peso	[0.25;0.5]	[0.25;0.5]	[0.25;0.5]	[0.25;0.5]

Tabela 4.3 Valores iniciais para a tática dependente de tempo.

	Pregoeiro	**Licitante 1**	**Licitante 2**	**Licitante 3**
Conceder	[5;10;25;40]	[5;10;25;40]	[5;10;25;40]	[5;10;25;40]
Linear	[1]	[1]	[1]	[1]
Boulware	[0.05;0.1;0.2;0.5]	[0.05;0.1;0.2;0.5]	[0.05;0.1;0.2;0.5]	[0.05;0.1;0.2;0.5]
Função	[Poly;Expo]	[Poly;Expo]	[Poly;Expo]	[Poly;Expo]
Peso	[0.25;0.5]	[0.25;0.5]	[0.25;0.5]	[0.25;0.5]

Tabela 4.4 Valores iniciais para a tática dependente de recurso.

	Pregoeiro	**Licitante 1**	**Licitante 2**	**Licitante 3**
Peso	[0.25;0.5]	[0.25;0.5]	[0.25;0.5]	[0.25;0.5]

Compreendendo que os agentes devem ter autonomia de decisão para escolher a melhor proposta, entende-se necessário a configuração de um ambiente de aprendizagem que permita aos agentes reconhecer por meio de uma função de utilidade qual a melhor proposta em relação ao contexto da negociação, ou seja, o problema requer um conjunto de parâmetros para a configuração do ambiente de aprendizagem.

4.2.3 Configuração dos valores da aprendizagem

Cada agente com seu processo de aprendizagem tem como objetivo atingir um conjunto de parâmetro considerado o melhor para o momento em que se encontra o processo de negociação. O mecanismo de aprendizagem adotado para este trabalho é o algoritmo genético, que por meio de suas gerações tem como objetivo escolher o melhor indivíduo para representar uma população dentro do algoritmo genético. Este indivíduo é escolhido por meio de uma

avaliação que o próprio algoritmo genético realiza, que é denominado de função de *fitness*. Essa última busca, do ponto de vista do licitante, atingir a melhor proposta para o lance em uma licitação. Para que o processo de aprendizagem seja iniciado são necessárias algumas informações para que o algoritmo genético inicie o processo de aprendizagem. Essas informações são representada pelos parâmetros da Tabela 4.5, que são os valores de configuração do modelo de aprendizagem do algoritmo genético, que se encarrega de através de 50 gerações de indivíduos escolher o melhor dentre eles para representar o algoritmo com uma proposta de lance.

Tabela 4.5 Valores de configuração do método de aprendizagem

Atributos	**Valores**
Tamanho da População	100
Gerações	50
Taxa de Cruzamento	85%
Taxa de Mutação	5%
Genes	16
Método de Seleção	Ranking
Cruzamento	1 pt ; 2 pt

Com a aplicação dos conceitos de aprendizagem, as negociações podem atingir os melhores resultados de satisfação de todos os agentes envolvidos em um estilo de negociação "ganha/ganha", comparativamente a uma negociação onde os agentes não utilizem métodos de aprendizagem.

4.3 Resultados obtidos

A realização dos experimentos teve como objetivo a avaliação de desempenho do pregoeiro e dos licitantes envolvidos no processo de licitação de um cardápio, onde os agentes licitantes elaboram seus lances variando os valores dos parâmetros caloria, cálcio, proteína e preço, podendo ou não fazer uso de aprendizagem e adaptação. Como critério de avaliação da satisfação dos envolvidos no processo de licitação utilizou-se da função de utilidade que o agente obtém com base nos valores inicias e finais do seu lance inicial, no caso do agente licitante, e com os valores iniciais e finais do cardápio que está em processo licitatório, para o agente pregoeiro. Por se tratar de um processo de licitação onde apenas um licitante é vencedor do pregão, o critério de avaliação foi elaborado de forma, onde, o agente pregoeiro calcula sua utilidade sobre o lance vencedor e os agentes licitantes calculam sua utilidade sobre o último

lance ofertado ao agente pregoeiro. Esses critérios foram aplicados sobre 6 (seis) cenários onde os valores obtidos para avaliação se encerram entre 0 (zero) e 1 (um), por se tratar de uma função de utilidade.

4.3.1 Cenário I – Nenhum agente licitante utiliza aprendizagem

Aqui, as partes interagem sem a utilização de aprendizagem e adaptação. Para avaliar os resultados obtidos foi executado o sistema de negociação por 30 vezes, as táticas adotadas para a geração de novos lances foram escolhidas de forma aleatória, sem nenhuma interferência do usuário, os valores de configuração inicial dos lances foram configurados com os valores das tabelas 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4. Esses valores são os dados iniciais para os agentes pregoeiro (comprador) e os 3 agentes licitantes (vendedores). Como o sistema é autônomo as partes têm controle sobre as ofertas. A Figura 4.1 mostra o resultado de uma simulação de 30 (trinta) pregões (estilo leilão reverso), onde se pode observar os valores de satisfação apresentados pela função de utilidade do pregoeiro. Essa última mostra uma satisfação elevada com relação aos licitantes, principalmente o Licitante 2 e Licitante 3 em quase sua totalidade. Os licitantes buscaram atingir menor lance, favorecendo unicamente o pregoeiro. A satisfação de cada licitante foi comprometida pela busca na vitória do pregão. Em quase todos os experimentos as partes atingiram seu limite inferior de oferta rapidamente. As ofertas sempre foram geradas sem atingir o final da linha do tempo. Sendo assim, ao final das trinta sessões, obteve-se uma média de satisfação de 0,77 para o agente pregoeiro, e de 0,19 para os agentes licitantes. Esse resultado se opõe ao objetivo do trabalho, que é fazer com que as partes possam atingir uma satisfação equilibrada entre comprador e vendedores. Assim, a abordagem sem a utilização de aprendizagem e adaptação leva a uma desigualdade extrema na satisfação das partes.

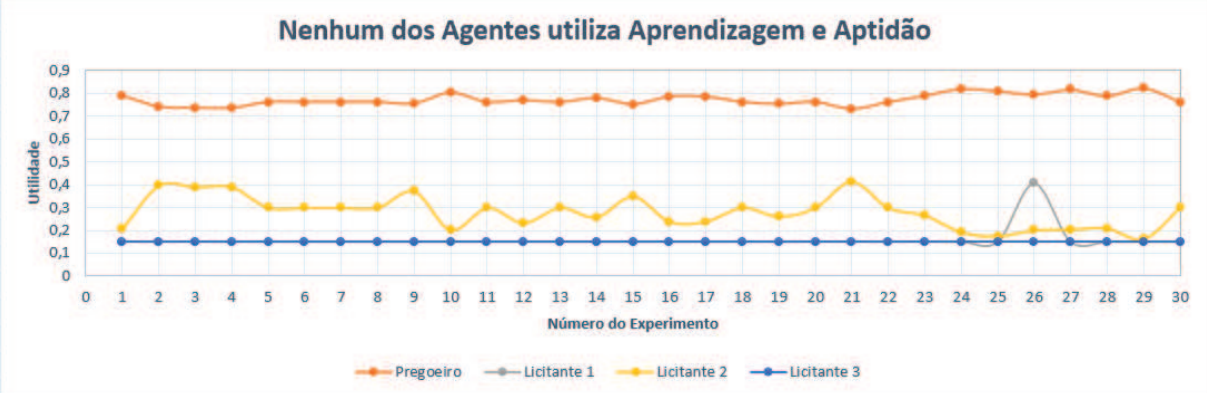


Figura 4.1 Satisfação dos agentes no Cenário I - Nenhum agente licitante utiliza aprendizagem.

Após esses experimentos iniciais, passou-se ao processo de avaliação dos resultados de experimentos com a utilização de aprendizagem e adaptação, iniciando com a utilização de aprendizagem e adaptação de apenas um agente licitante conforme apresentado no Cenário II.

4.3.2 Cenário II – Um agente licitante utiliza aprendizagem

Aqui, o cenário envolve um vendedor utilizando aprendizagem e adaptação e dois vendedores sem aprendizagem e adaptação. A ativação da aprendizagem e adaptação nas partes foi feita de forma alternada. Ela foi ativada incialmente para o Licitante 1 permanecendo nas dez primeiras sessões onde ele atingiu o seu melhor grau de satisfação. Para os sessões, entre onze e vinte a aprendizagem e adaptação foi ativada apenas para Licitante 2, que também obteve seu maior grau de satisfação; a mais elevada dentro todos os experimentos deste cenário. Para as dez sessões finais, a ativação da aprendizagem e adaptação foi apenas para Licitante 3, que também teve seu grau de satisfação.

Assim, a Figura 4.2 permite acompanhar a evolução dos agentes no decorrer dos experimentos, onde se observa a oscilação do nível de satisfação dos agentes licitantes durante todo o processo. De forma geral, se obteve uma utilidade para o pregoeiro de 0,75. Essa última foi 0,02 menor que a obtida no Cenário I. E para os agentes licitantes se obteve a utilidade média de 0,32. Essa última foi significativamente maior em comparação ao Cenário I, onde a utilidade foi 0,13 menor.

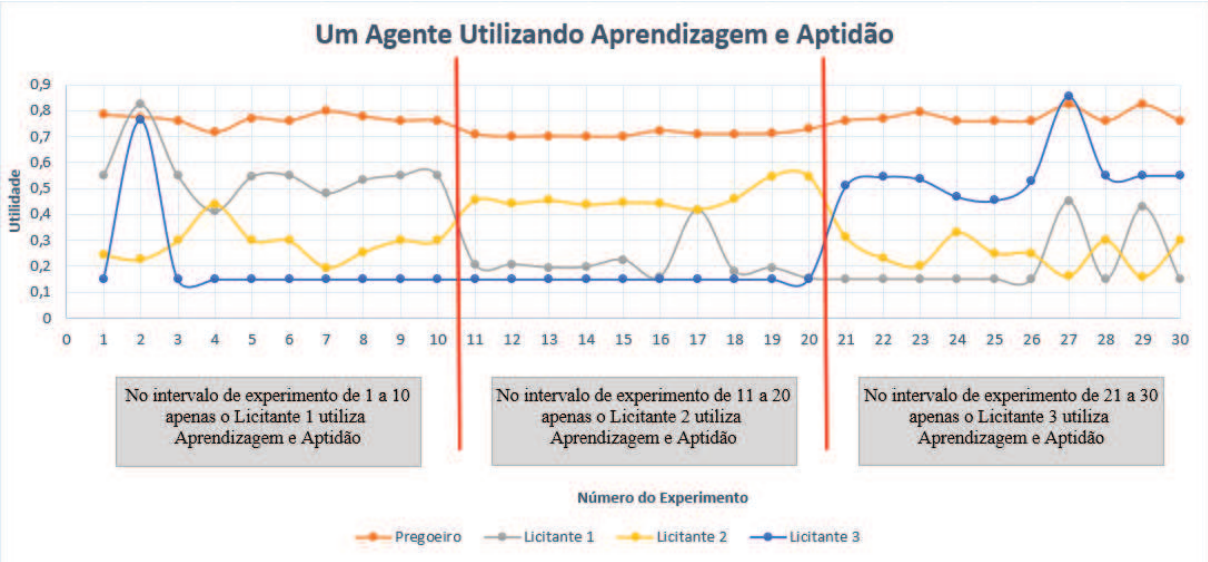


Figura 4.2 Satisfação dos agentes no Cenário II – Um agente licitante utiliza aprendizagem.

No Cenário II, pode-se assim iniciar uma melhora na satisfação das partes com a ativação alternada da aprendizagem e da adaptação para os licitantes.

No próximo cenário, a ativação da aprendizagem e da adaptação foi ampliada para dois licitantes em cada execução simultaneamente.

4.3.3 Cenário III – Dois agentes licitantes utilizam aprendizagem

Nesse cenário, as partes negociam com três vendedores, sendo que dois deles fazem uso de suas capacidades de aprendizagem e de adaptação e um não faz uso da sua capacidade de aprendizagem e de adaptação. A Figura 4.3 mostra a utilidade que cada agente licitante obteve nas primeiras vinte sessões com a ativação da capacidade de aprendizagem e de adaptação. Nas primeiras dez sessões os licitante 1 e 2 fizeram efetivamente uso de suas capacidades de aprendizagem e de adaptação. Eles obtiveram nesse período, respectivamente, os seguintes graus de satisfação 0,4 a 0,6. Todavia, o grau de satisfação Licitante 3 se manteve entre 0,1 a 0,4. Da sessão onze à sessão vinte os licitantes 1 e 3 fizeram uso de suas capacidades de aprendizagem e de adaptação. Eles tiveram níveis de satisfação idênticos entre 0,5 a 0,6. O Licitante 2 que não fez uso da sua capacidade de aprendizagem e de adaptação teve seu nível de satisfação oscilando entre 0,2 a 0,5. Nas últimas dez sessões, os licitante 2 e 3 fizeram uso de suas capacidades de aprendizagem e de adaptação. Eles mantiveram seus níveis de satisfação entre 0,4 a 0,6. Por outro lado, o Licitante 1, que neste período não fez uso de sua capacidade de aprendizagem e de adaptação teve seu nível de satisfação variando entre 0,1 a 0,5.

Quando o ambiente é configurado com dois licitantes simultaneamente usando suas capacidades de aprendizagem e adaptação os níveis de satisfação o nível de satisfação se eleva para ambos os licitantes, degradando ligeiramente a satisfação do pregoeiro. De forma comparativa com os resultados do Cenário II, tem-se que o nível de satisfação do pregoeiro foi reduzido em 0,05 e para os licitantes ocorreu um aumento de satisfação em 0,10. Pôde-se observar, com o aumento do número de licitantes com capacidade de aprendizagem e de adaptação, uma negociação mais equilibrada em termos de satisfação média.

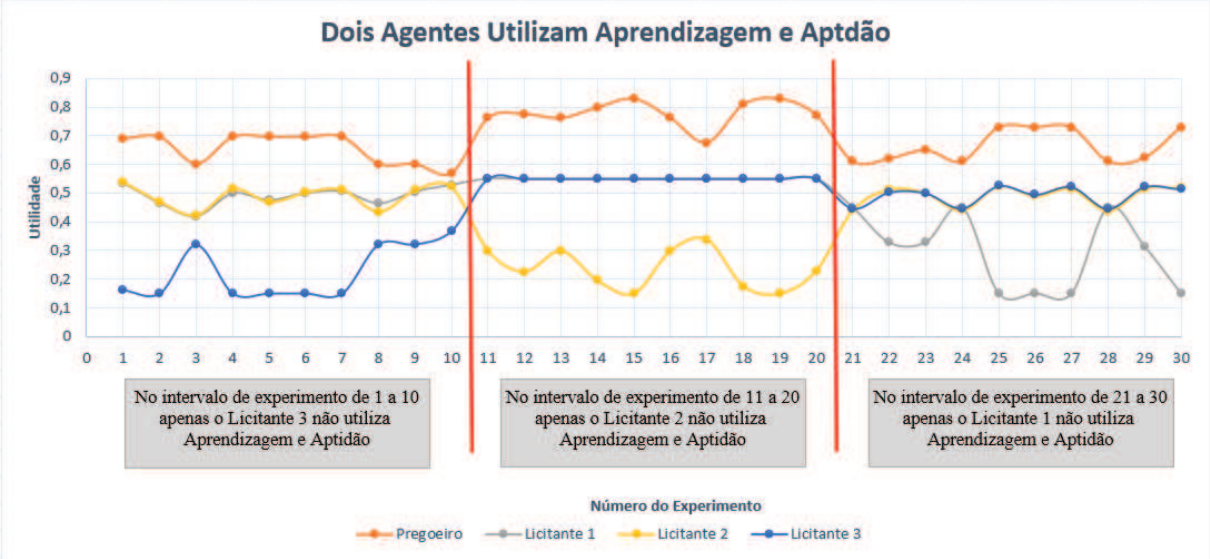


Figura 4.3 Satisfação dos agentes no Cenário III – Dois agentes licitantes utilizam aprendizagem.

Nos três cenários anteriores sempre houve a presença de partes que não faziam uso de suas capacidades de aprendizagem e de adaptação. No próximo cenário, todas as partes são dotados da capacidade de fazer a escolha dentro da linha do tempo que melhor atende suas necessidades para gerar seus lances.

4.3.4 Cenário IV – Todos os agentes licitantes utilizam aprendizagem

Aqui, as partes colocam em prática as suas capacidades de aprendizagem e de adaptação, envolvendo: um comprador e três vendedores. Nesse cenário, as partes são independentes. Porém, eles são dotados de capacidades que os permitem escolher entre vários lances o melhor lance possível. O pregoeiro busca atingir um grau satisfação satisfatório não apenas para ele. Esse comportamento do pregoeiro permite equilibrar a disputa gerando um subsidio favorável a relação “ganha/ganha”, objetivo primeiro deste projeto.

A Figura 4.4 mostra os resultados obtidos para trinta sessões de negociação. Aqui, todas as partes envolvidas são dotadas de aprendizagem e de adaptação. O comportamento exibido em termos de nível de satisfação não apenas se aproximaram como criaram uma uniformidade mantendo-se próximos uns dos outros. Comparativamente, o nível de satisfação do pregoeiro foi uniforme e com uma média de satisfação de 0,63. Esse último valor representa uma redução de 0,08 com relação ao Cenário III. Em contrapartida, os licitantes obtiveram uma média de satisfação de 0,43. Essa satisfação obtida pelos licitantes representa estabilidade e uniformidade em seus níveis de satisfação.

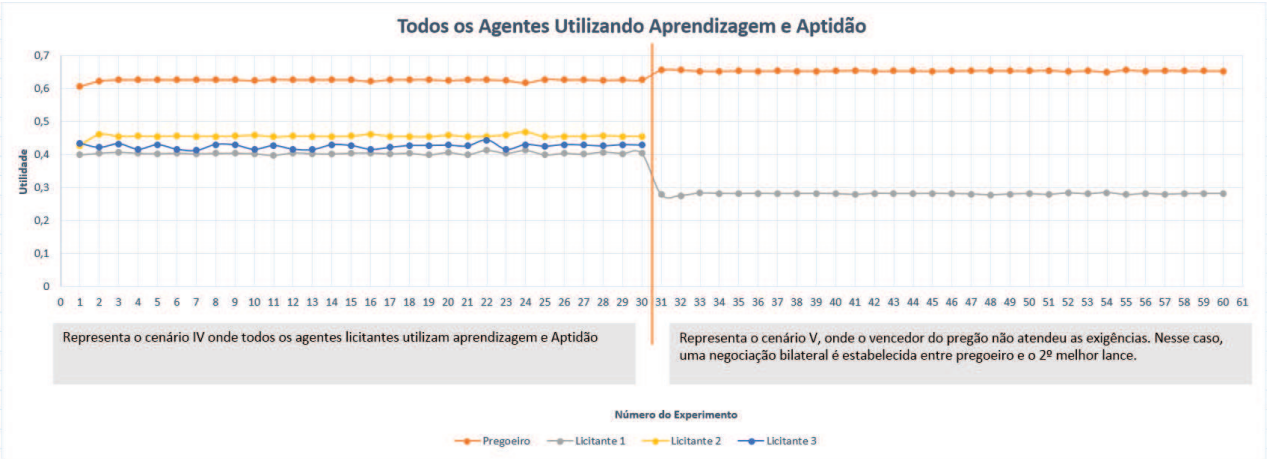


Figura 4.4 Comparativo entre o cenário IV e cenário V onde todos os agentes utilizam Aprendizagem e Adaptação.

Observa-se (cf. Figura 4.4) que as partes realizam suas ofertas de forma linear, à medida que todos os envolvidos no processo obtenham um nível de satisfação elevado e uniforme. O pregoeiro teve seu nível de satisfação reduzido. Isto era o esperado para que um licitante aumente seu nível de satisfação outro oponente deve reduzir seu nível de satisfação, conforme o princípio de Pareto.

4.3.5 Cenário V – Negociação bilateral

Aqui, as partes negociam em um processo de negociação bilateral, onde ambos as partes fazem uso de suas capacidades de aprendizagem e de adaptação. Tal negociação foi estabelecida, à medida que o vencedor do pregão não atendeu as exigências mínimas para assinar o contrato de fornecimento. Assim, tal licitante vencedor é excluído do processo licitatório. O próximo melhor lance recebe do pregoeiro um convite para uma negociação bilateral, cujo intuído é verificar a possibilidade de atingir um preço melhor do produto ou serviço.

Sabendo-se que a negociação partiu de um processo já existente o esperado é que os valores de satisfação não mudem significativamente. O pregoeiro elevou seu nível de satisfação comparado com o Cenário IV, mas o licitante reduziu o seu nível de satisfação (cf. Figura 4.4). Apesar de o agente licitante ter seu nível de satisfação reduzido, ele manteve um nível de satisfação elevado e conseguiu também vencer o pregão.

4.3.6 Cenário VI – Aumento gradativo do número de agentes licitantes

Neste cenário, a quantidade de agentes aumenta à medida que as sessões estão acontecendo. Para as 10 primeiras sessões deste cenário temos 3 agentes licitantes. Para as sessões de 11 a 20 temos 5 agentes licitantes. Para as sessões de 21 a 30 temos 10 agentes licitantes e para as sessões de 31 a 40 temos 50 agentes licitantes. Neste cenário. O licitante 1 não utiliza aprendizagem e adaptação durante as 40 sessões. Na Figura 4.5 apresenta-se um gráfico com a evolução das sessões. O objetivo aqui é avaliar a interferência de um agente sem aprendizagem e adaptação. O licitante 1 é o agente que não faz uso de aprendizagem e adaptação.

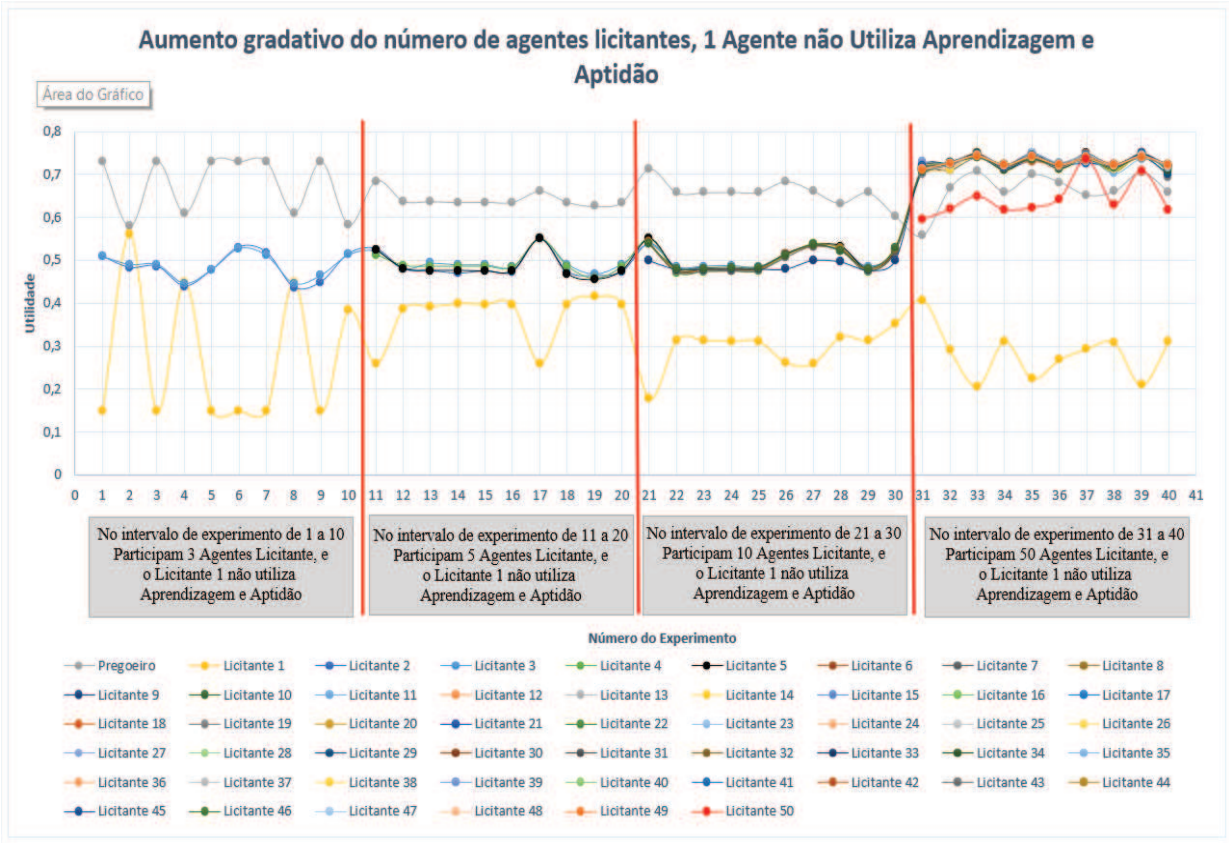


Figura 4.5 Aumento gradativo do número de agentes licitantes, 1 Agente não Utiliza Aprendizagem e Adaptação

Como pode ser avaliado na Figura 4.5, a agente licitante que não utiliza aprendizagem e adaptação exerce uma interferência sobre todo o ambiente principalmente no que se refere a satisfação do agente pregoeiro. Nas primeiras 10 sessões, nota-se uma grande oscilação entre a agente licitante 1 e o pregoeiro, e os demais agentes licitantes que fazem uso de aprendizagem e adaptação mantem-se quase estável. Nas sessões de 11 a 20, com o aumento de 2 agente licitantes, o nível de satisfação dos agentes se aproxima mais uns dos outros. Nas sessões de 21 a 30 foi inserido mais 5 agentes licitantes e o nível de satisfação do agente pregoeiro aumenta ligeiramente em alguns pontos. Nas sessões de 31 a 40 foi inserido no contexto mais 40 agentes, totalizando assim 50 agentes licitantes. Neste intervalo visualiza-se que o aumento da satisfação do pregoeiro e de todos as agente licitantes é visível exceto o agente licitante 1 que tem seu nível de satisfação reduzido. Em suma, pôde-se observar que o licitante 1, que atua com um comportamento “perder/ganhar”, provoca uma perturbação significativa em todos os demais. Sendo que tal importância vai se reduzindo à medida que o número de licitantes com aprendizagem e adaptação (comportamento esperado “ganhar/ganhar”) aumenta.

4.3.7 Comparativo no nível de satisfação dos agentes

A Tabela 4.6 mostra a evolução do nível de satisfação de cada agente individualmente, tomando como parâmetro de comparação as configurações sem aprendizagem e adaptação e com aprendizagem e adaptação.

Tabela 4.6 Comparativo do níveis de satisfação de cada parte de uma negociação.

	Satisfação Média (30 sessões)	
	Sem Aprendizagem e Adaptação	Com Aprendizagem e Adaptação
Pregoeiro	0,77	0, 62
Licitante 1	0,16	0,40
Licitante 2	0,28	0,46
Licitante 3	0,15	0,43

Os valores mostram de forma patente que os licitantes possuem seus níveis de satisfação aumentados significativamente quando estão dotados da capacidade de aprendizagem e adaptação. Esse comportamento não se repete no caso do pregoeiro.

4.4 Considerações finais

Ao final da avaliação de cento e noventa sessões, divididos em cinco cenários de 30 sessões cada e um cenário com 40 sessões, foi possível verificar que à medida que a quantidade de agentes dotados das capacidades de aprendizagem e de adaptação foi aumentando, o processo de negociação se tornou o mais próximo de uma relação de negociação "ganhar/ganhar". Pôde-se observar que pregoeiro abriu mão de seu nível de satisfação para que os agentes licitantes obtivessem um lucro um pouco maior; esse comportamento permitiu que todos os agentes atingissem seus objetivos individuais e coletivos.

Deve-se destacar que no cenário VI foi possível mostrar a interferência que um agente licitante sem a utilização do aprendizagem e adaptação exerce sobre o ambiente.

E por fim foram analisadas as diferenças dos níveis de satisfações dos agentes quando eles fazem uso ou não utilizada capacidade de aprendizagem e adaptação; foi constatado que para uma relação "ganhar/ganhar" o melhor para o equilíbrio do nível de satisfação e a utilização de aprendizagem e adaptação.

Capítulo 5

Conclusões e Trabalhos Futuros

5.1 Discussão

Um sistema de negociação de produtos ou serviços baseado em agentes operando em modo de leilão reverso, sem interferência humana é um desafio. Esse desafio se eleva quando se visa uma satisfação equilibrada vis-à-vis a uma relação do tipo *"ganhar/ganhar"*.

Um sistema baseado em agentes que aprendem são efetivamente entidades eficientes para informatizar processos de negociação. Esse caminho da informatização é necessário em um universo cada vez mais competitivo e de recursos escassos, seja na iniciativa privada ou no setor público. Deve-se destacar que as decisões tomadas apenas sobre preço de bem ou serviço é uma visão limita; a qualidade, a validade, o prazo de entrega, a reputação do fornecedor devem fazer parte também da tomada de decisão.

Mas esse sistema será imune a falha? Como garantir que o sistema seja confiável e seguro? Seria possível garantir que um sistema totalmente autônomo seja capaz de interagir com outro sistema autônomo sem prejudicar o processo licitatório como um todo? Como seria o processo de avaliação de garantias que os licitantes precisam mantar?

5.2 Conclusão

Após a avaliação dos resultados obtidos neste trabalho, foi possível verificar que em um ambiente de negociação multilateral para avaliação de proposta de ofertas relacionadas à compra de alimentos por meio de um processo licitatório, as partes quando dotadas das capacidades de aprendizagem e de adaptação são mais eficazes em relação a uma negociação buscando atingir uma satisfação mutua entre os vendedores e o comprador.

As partes do processo de negociação foram modeladas como agentes autônomos, independentes e distribuídos. Eles são importantes por permitir facilmente a inclusão de uma estrutura de aprendizagem e de adaptação por meio de um algoritmo genético simples, onde a cada geração a população de indivíduos evolua para produzir a solução de um problema complexo.

Para avaliar o desempenho dos agentes, seis cenários foram elaborados e executados sobre, um conjunto de trinta sessões de negociação cada. A satisfação de cada papel foi avaliada por meio de uma função de utilidade. No primeiro cenário, as partes não eram dotas de capacidade de aprendizagem e de adaptação. Nesse cenário foi avaliado que o pregoeiro obteve seu nível de satisfação muito elevado, por outro lado, os licitantes tiveram seus níveis de satisfação muito baixos, muitas vezes atingindo o menor índice possível, evidenciando que esta não é a melhor solução para o problema proposto.

No segundo cenário foi adicionado a um licitante dotado da capacidade de aprendizagem e de adaptação. Na média, os licitantes tiveram um nível de satisfação mais elevado em relação ao cenário anterior. De acordo com o princípio de Pareto, para um agente ganhe mais, outro deve perder. Assim, o pregoeiro teve uma pequena queda no seu nível de satisfação; entretanto, o nível de satisfação continuou alto comparado com o nível de satisfação dos licitantes.

Avaliando o terceiro cenário, os licitantes tiveram seus níveis de satisfação mais uma vez aumentado; a configuração das partes envolvia também aprendizagem e adaptação para dois licitantes simultaneamente, alternando a cada 10 execuções do experimento. Os licitantes que utilizavam aprendizagem e adaptação mantiveram seu grau de satisfação mais elevado em comparação ao licitante que não estava utilizando aprendizagem e adaptação. O pregoeiro mais uma vez concedeu em relação ao seu nível de satisfação.

O quarto cenário, onde se obteve o melhor resultado em questão de satisfação mutua, além de se ter um nível de satisfação regular, o nível de satisfação de todos os agentes envolvidos no processo de aprendizagem se manteve o mais próximo uns dos outros que os outros cenários. Sendo assim em uma negociação multilateral, onde o objetivo é a satisfação de todos os agentes envolvidos se confirmou, a utilização de uma estrutura de aprendizagem por meio de algoritmo genético se sobressaiu sobre os demais cenários.

O quinto cenário definiu um ambiente de negociação bilateral. Tal ambiente permitiu atingir um bom desempenho em suas negociações; mas o licitante teve o seu nível de satisfação

reduzido ligeiramente. Isso era esperado visto que o licitante renegociou seus valores para atingir um melhor nível de satisfação em favor do pregoeiro.

No sexto cenário conclui-se que um agente sem a utilização de aprendizagem e adaptação exerce uma grande interferência no nível de satisfação do ambiente, podendo até mesmo prejudicar o rendimento do processo licitatório, interferindo diretamente nos resultados dos experimentos.

Deve-se destacar que o agente que compra os produtos ou serviços, que neste cenário agiu como um negociador, que fez suas contraofertas para o licitante. Esse último analisava a proposta e realizava uma nova contraoferta. Finamente, esse papel de negociador (fazendo contraoferta), o pregoeiro nos cenários anteriores não exerceu propriamente dito. Nos cenários anteriores envolvendo apenas leilão reverso o pregoeiro só avaliava as ofertas dos licitantes.

5.3 Trabalhos Futuros

Planeja-se, como um futuro trabalho, um sistema de controle de cardápio mensal que não irá realizar uma avaliação simples de um cardápio. Essa evolução deverá avaliar um conjunto de cardápios envolvendo um conjunto de orientações nutricionais, visando atender da melhor forma as necessidades de um grupo de pessoas, garantindo uma alimentação mais saudável. Ela deve avaliar assim o desenvolvimento nutricional contínuo e atendendo questões importantes como o de rotatividade, à medida que o cardápio não seja repetido por certo período.

Outra abordagem seria a utilização de outros mecanismos de aprendizagem para verificar o desempenho em uma negociação multilateral, tais como: a utilização de Redes Neurais, Rede Bayesiana, IB3 ou até mesmo aplicar mecanismos de *Drift* para prever possíveis mudanças nos valores dos produtos pertencentes aos cardápios previamente selecionados por nutricionais.

Referências Bibliográficas

AQUINO, R. de C. de; PHILIPPI, S. T.. **Consumo infantil de alimentos industrializados e renda familiar na cidade de São Paulo**. Rev. Saúde Pública, São Paulo, pp. 655-660, v. 36, n. 6. 2002.

BENAMEUR H.; CHAIB-DRAA B.; KROPF P., **Multi-item Auctions for Automatic Negotiation,** Journal of Information and Software Technologies Elsevier, 44/5, pp. 291-301, 2002.

BRASIL. Lei nº 8.666/93, de 21 de junho de 1993. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 jun. 1993. Seção 1, p. 8269. 1993.

BRASIL. Lei nº 10.520/02, de 17 de julho de 2002. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 jul. 2002. Seção 1, p. 1. 2002.

CARVALHO, D. R., **Árvore de Decisão / Algoritmo Genético para Tratar o Problema de Pequenos Disjuntos em Classificação de Dados** - Tese de Doutorado. Rio de Janeiro, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. 2005. 162p.

ENEMBRECK F.; Ávila B. C.; SCALABRIN E. E.; BARTHÉS J. P., **Learning Drifting Negotiations**. Applied Artificial Intelligence, Taylor & Francis, pp. 861-881, v. 21, n. 9, 2007.

FARATIN, P.; SIERRA, C.; JENNINGS, N. R., **Negotiation Decision Function for Autonomous Agents**. Int. Journal of Robotics and Autonomous Systems, pp. 159-182. 1998.

GALISA, M. S.; ESPERANÇA, L. M. B.; SÁ, N. G de, **Nutrição Conceitos e Aplicações**, São Paulo, M. Books do Brasil Editora, 2008

GOLDBERG, D. E., e DEB, K. **A comparitive analysis of selection schemes used in genetic algorithms**. In G. Rawlins, Foundations of Genetic Algorithms. Morgan Kaufmann. 1991.

HASEGAWA, F.M., **Uma Abordagem Baseada em Lógica Paraconsistente para Avaliação de Ofertas em Negociações entre Organizações Artificiais**. Dissertação de Mestrado. Curitiba, Pontifícia Universidade Católica do Paraná. 2004. 73 p.

HOLLAND, J. H. **Adaptation in Natural and Artificial Systems**. University of Michigan Press, Ann Arbor. 1975.

LENGWILER, Y. **The multiple unit auction with variable supply.** Economic Theory, pp. 373- 392. v. 14, n. 2. 1999.

LI, L.; YAN M.; CUIMEI W. e LIAN L., **Multilateral Multi-Issue Automated Negotiation Model Based on GA**, International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA). pp. 85-89, v. 01, 2008.

LIN, R.; KRAUS, S.; WILKENFELD, J.; BARRY, J., **An Automated Agent for Bilateral Negotiation with Bounded Rational Agents with Incomplete Information**. Proc. of the 17th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI), Riva del Garda, Italy. pp. 270-274. 2006.

LOPES, L. de S. **Uma heurística baseada em algoritmos genéticos aplicada ao problema de cobertura de conjuntos**. Dissertação de Mestrado, São José dos Campos, INPE, 1995. 66p.

MALAQUIAS, N. G. L. **Uso dos Algoritmos Genéticos para a Otimização de Rotas de Distribuição**. Dissertação de Mestrado, Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia. 2006. 111p.

MICHALEWICZ, Z., **The Significance of the Evaluation Function in Evolutionary Algorithms**, Proceedings of the Workshop on Evolutionary Algorithms, organized by Institute for Mathematics and Its Applications, University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota, October 21-25, 1996

MITCHELL, M. **An introduction to genetic algorithms.** Cambridge: Mit Press. 1997.

NALDI, M. C., **Agrupamento híbrido de dados utilizando algoritmos genéticos**. Dissertação de Mestrado, São Carlos, USP. 2006 156p.

NALEPA G. M. **Detecção de Drifts em um Processo de Negociação Bilateral Utilizando Rede Bayesiana e IB3**. Dissertação de Mestrado, Curitiba, Pontifícia Universidade Católica do Paraná. 2010. 70p.

Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação (NEPA). **TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4. ed. rev. e ampl. - Campinas: NEPA UNICAMP, 2011. 161 p. Disponível em <http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela&PHPSESSID=c01c12ea5d2f7888341f6c6d8ca9863c >. acessado em 10 fev. 2012.

OLIVEIRA, J. E. D. de; MARCHINI, J. S. **Ciências Nutricionais: Aprendendo a Aprender**. 2ª ed. São Paulo, sarvier, 2008.

OLIVEIRA, R. N. de, **Aprendizagem de Máquina em um Ambiente para Negociações Automatizadas**, Dissertação de Mestrado, Campina Grande, UFCG, 2006.

PARK S. e YANG S. B., **An efficient multilateral negotiation system for pervasive computing environments**, Engineering Applications of Artificial Intelligence, pp. 633–643, v. 21, n. 4, 2008.

PEREIRA, I. C. C. S. P. G., **Sistema Multi-Agente para Apoio à Negociação em Mercados de Electricidade**. Tese de Doutorado, Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes, 2004. 202p.

PINHO JR, O. C., **NEGOCIAÇÕES BILATERAIS SEQÜENCIAIS MEDIADAS POR AGENTES.** Dissertação de Mestrado, Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 2002.

PRUITT, D. G. **Negotiation behavior**. New York: Academic Press, 1981.

RAHWAN, I.; KOWALCZYK, R.; PHAM, H. H. **Intelligent Agents for Automated One-to-Many E-Commerce Negotiation**. Proc. of the 25th Australasian Computer Science Conference (ACSC), Melbourne, Australia. pp. 197-204. 2002.

RAIFFA, H. **The Art & Science of Negotiation. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts**. 1982.

RAU, H.; TSAI, M. H.; CHEN, C. W.; SHIANG W. J., **Learning-based automated negotiation between shipper and forwarder**, Computers & Industrial Engineering. pp. 464-481 v. 51, n. 3. 2006.

ROMANHUKI E., **Aprendizagem de Políticas de Oferta de Negociação entre Agentes Cognitivos**. - Dissertação de Mestrado, Curitiba, Pontifícia Universidade Católica do Paraná. 2008. 87p.

SHEIKHMOHAMMADY, M.; K. HIPEL, W. e KILGOUR, D. M., **Identifying the Most Likely Outcomes of Multilateral Negotiations Systems**, IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, (SMC). pp. 2519 - 2524. 2008.

SHMEIL M. A. H., **Sistemas Multiagente na Modelação da Estrutura e Relações de Contratação de Organizações**. Tese de doutorado. Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia. 1999.

SILVA, N. A. da, **O uso de Algoritmos Genéticos na Construção de Mapas de Perfusão Cerebral e sua Aplicação em pacientes com Anemia Falciforme**. Tese de Doutorado, Ribeirão Preto, USP. 2008. 137p.

SONG Q.; ZHAN H., **Research on Multi-Lateral Multi-Issue Negotiation Based on Hybrid Genetic Algorithm in E-Commerce**, 2nd IEEE International Conference on Information and Financial Engineering (ICIFE). pp. 706-709. 2010.

STRATHERN, Paul 1940. **Uma breve história da economia** . Tradução de Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003.

SUBRAMANIAN, G. **Negotiation? Auction? A deal maker's guide**. Harvard Business Review (December): 101-107. 2009. Disponível em <http://hbr.org/2009/12/negotiation-auction-a-deal-makers-guide/ar/1>. acessado em 24 fev. 2012.

YANG Z e GENG X. **Multilateral Multi-Issue Negotiation Model of Agent Based on Hybrid Genetic Algorithm**, International Conference on Management and Service Science (MASS), pp.1-4. 2011.

ZENG, d.; SYCARA, K, **Benefits of learning in negotiation**, Proceedings of the fourteenth national conference on artificial intelligence and ninth conference on Innovative applications of artificial intelligence, p. 36-41. 1997.

Apêndice A

Aplicação / Problematização

A.1 Introdução

A alimentação é um direito dos seres vivos, alimentar com qualidade é um desafio para uma grande fatia da população.

A nutrição adequada na infância é importante para o crescimento e o desenvolvimento da criança auxiliando, também, em fatores de prevenção de algumas doenças na idade adulta. [OLIVEIRA e MARCHINI (2008)].

É na infância que os seres humanos descobrem o mundo, fazendo muito mais atividades que os adultos. Na busca de conhecimento gastam mais energia e precisam repor a energia gasta, desta forma os alimentos devem ser adequados. As práticas de alimentação são importantes determinantes das condições de saúde na infância e estão fortemente condicionadas pelo poder aquisitivo das famílias, do qual dependem a disponibilidade, a quantidade e a qualidade dos alimentos consumidos. AQUINO e PHILIPPI (2002).

Neste trabalho será avaliado o cardápio completo indicado pela nutricionista [1]Janaina Dias Kannenberg que elaborou 03 (três) cardápios teste para que seja indicado qual será o melhor dentre eles.

A.2 Cardápio

Um cardápio é uma lista de preparações culinárias que compõem uma refeição para seres humanos que busca atender os requisitos mínimos para a sobrevivência.

Segundo GALISA (2008) o planejamento alimentar saudável não consiste somente em enumeração de um conjunto de quantidades recomendadas de nutrientes, deve cumprir também

---

[1] Janaina Dias Kannenberg Inscrita no CRN (Conselho Regional de Nutrição) da 7º Região sob o número: 2664, formada pela Faculdade São Lucas de Porto Velho – RO

exigências, como equilíbrio entre os nutrientes que os compõem e sua adequação a todos os indivíduos. Para garantir uma boa alimentação deve se aplicar as quatro leis fundamentais da alimentação, que são:

- **1ª Lei: Quantidade**: Deve suprir as necessidades diárias para manter o bom funcionamento do organismo.
- **2ª Lei: Qualidade**: O cardápio deve ser variado para atender todas as necessidades do corpo humano. Os alimentos devem conter valores nutritivos altos e não apenas conterem calorias vazias.
- **3ª Lei: Harmonia**: É o equilíbrio entre os nutrientes, em relação à quantidade e qualidade.
- **4ª Lei: Adequação**: Os seres humanos devem ter sua alimentação apropriada às diferentes fases e condições de vida, às atividades, às circunstâncias fisiológicas e de doenças.

Os nutricionistas encontram algumas dificuldades na hora de elaborarem os cardápios para as licitações, pois às vezes o sistema licitatório não compra o que seria mais vantajoso e sim o que é mais barato. O sistema proposto pretende sugerir, baseado no cardápio sugerido pelo nutricionista, que não seja comprado somente o que for mais barato, mas sim o que atenda às necessidades sugeridas, levando em consideração também o valor para aquisição.

Neste trabalho será utilizada uma tabela para elaboração dos cardápios, descritas no item A.2.1, esta tabela servira como base para avaliar os valores nutricionais e calóricos para que os cardápios consigam atingir o objetivo de uma alimentação mais saudável e nutritiva para o público alvo da licitação.

A.2.1 Projeto Taco (Tabela Brasileira de Composição de Alimento)

TACO é um projeto que tem a composição de todos os alimentos, e com ela é possível elaborar e avaliar as quantidades de proteínas, cálcio e caloria ingerida por uma pessoa em uma refeição.

O Projeto TACO, desenvolvido em uma parceria com NEPA e UNICAMP, tem como objetivo a geração de dados no Brasil sobre a composição dos principais alimentos consumidos, utilizando para isto plano de amostragem que assegure valores representativos, com análises realizadas por laboratórios com capacidade analítica comprovada através de estudos interlaboratoriais a fim de assegurar a confiabilidade dos resultados. NEPA (2011).

A.3 Licitação

Perante a necessidade de adquirir bens e/ou contratar serviços para atender as necessidades da Administração Pública, instaurou-se o processo de licitação, que consiste em proporcionar à Administração compras ou contratar de forma transparente e democrática, uma vez que proporciona igualdade de competição e dá publicidade aos gastos públicos.

Conforme o Art. 1º da Lei Federal nº 8.666/1993 estabelece as normas gerais sobre licitações e contratos administrativos pertinentes a obras, serviços, inclusive de publicidade, compras, alienações e locações no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Ainda no Art. 1º, seu parágrafo único define quais órgãos estão subordinados a referida lei além dos órgãos da administração direta, os fundos especiais, as autarquias, as fundações públicas, as empresas públicas, as sociedades de economia mista e demais entidades controladas direta ou indiretamente pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios.

A Administração não pode em hipótese alguma celebrar qualquer tipo de contrato com terceiros sem intermédio de uma licitação público, onde todos têm os mesmos direitos de participação.

Através deste trabalho será elaborado um sistema de agentes capaz de compreender as etapas do processo de licitação para poder administrar de maneira transparente. Imitando o processo administrados pelos agentes humanos.

A.3.1 Habilitação

Para que uma empresa participe de uma Licitação e necessário que atenda as condições preestabelecida e publicada em edital, onde cada licitação tem seus requisitos.

Conforme a Lei 8.666/93 para a habilitação nas licitações exigir-se-á dos interessados, exclusivamente, documentação relativa a:

- Habilitação jurídica;
- Qualificação técnica;
- Qualificação econômico-financeira;
- Regularidade fiscal.
- Cumprimento do disposto no inciso XXXIII do Art. 7º da Constituição Federal.

A.3.2 Modalidades da Licitação

São denominadas modalidades de licitação a forma como o procedimento licitatório é conduzido, partindo dos princípios definidos em lei. O valor estimado para contratação é o principal fator para que a administração pública opte por uma modalidade de licitação.

Conforme a Lei 8.666/93 as modalidades da licitação podem ser classificadas como:

- **Concorrência:** Modalidade de licitação entre quaisquer interessados que, na fase inicial de habilitação preliminar, comprovem possuir os requisitos mínimos de qualificação exigidos no edital para execução de seu objeto;
- **Tomada de preços:** Modalidade de licitação entre interessados devidamente cadastrados ou que atenderem a todas as condições exigidas para cadastramento até o terceiro dia anterior à data do recebimento das propostas, observada a necessária qualificação;
- **Convite:** Modalidade de licitação entre interessados do ramo pertinente ao seu objeto, cadastrados ou não, escolhidos e convidados em número mínimo de 3 (três) pela unidade administrativa, a qual afixará, em local apropriado, cópia do instrumento convocatório e o estenderá aos demais cadastrados na correspondente especialidade que manifestarem seu interesse com antecedência de até 24 (vinte e quatro) horas da apresentação das propostas.
- **Concurso:** Modalidade de licitação entre quaisquer interessados para escolha de trabalho técnico, científico ou artístico, mediante a instituição de prêmios ou remuneração aos vencedores, conforme critérios constantes de edital publicado na imprensa oficial com antecedência mínima de 45 (quarenta e cinco) dias.
- **Leilão:** Modalidade de licitação entre quaisquer interessados para a venda de bens móveis inservíveis para a administração ou de produtos legalmente apreendidos ou penhorados, ou para a alienação de bens imóveis, a quem oferecer o maior lance, igual ou superior ao valor da avaliação.

Todavia existe uma exceção, na qual a modalidade não é definida pelo valor estimado a ser licitado, e sim em relação à definição do objeto a ser licitado. Quando o objeto da licitação for um bem comum, ou seja, possa ter suas caraterísticas definidas clara e precisamente em edital, a modalidade de licitação a ser adotada denomina-se Pregão, regulamenta através da Lei Federal 10.520/2002 (Lei do Pregão).

O pregão tem sua realização com lances sucessivos e sempre com o valor menor que o último lance ofertado. Desta forma, a Administração Pública, que está adquirindo o bem ou o serviço, economiza no ato da compra, o que significa a boa administração do dinheiro público. O pregão pode ser de duas formas, Presencial (onde todos os interessados se reúnem em local e horário definido em edital para participaram e efetuares suas ofertas) ou Eletrônico (onde os interessados se reúnem em sala virtual utilizando de meios tecnológicos para a participação e apresentar suas ofertas). O agente responsável pelo pregão recebe o nome de Pregoeiro.

A proposta deste trabalho utiliza a modalidade de licitação pregão, na sua forma eletrônica, onde se tem um agente que representará o pregoeiro e negociará as ofertas com os interessados.

A.3.3 Processo licitatório de um Pregão.

Um processo licitatório na modalidade pregão é dividido em duas fases, uma preparatória e interna e sua fase externa, conforme descrito na Lei 10.520/2002.

Na **fase preparatória** cabe a Administração Pública justificar a necessidade de aquisição/contratação e definir o objeto, confeccionar o edital contendo as exigências de habilitação, os critérios de aceitação das propostas, as sanções por inadimplemento e as cláusulas do contrato, inclusive com fixação dos prazos para fornecimento;

Durante **fase Externa** ocorre a convocação dos interessados, através do edital, por meio de publicação de aviso em diário oficial do respectivo ente federado ou, não existindo, em jornal de circulação local, e facultativamente, por meios eletrônicos e conforme o vulto da licitação, em jornal de grande circulação. O edital deve constar todos os elementos definidos na forma do inciso I do Art. 3º da Lei 10.520/2002, como as normas que disciplinarão o procedimento e a minuta do contrato, quando for o caso; aberta a sessão, os interessados ou seus representantes, apresentarão declaração dando ciência de que cumprem plenamente os requisitos de habilitação e entregarão os envelopes contendo a indicação do objeto e do preço oferecidos, procedendo-se à sua imediata abertura e à verificação da conformidade das propostas com os requisitos estabelecidos no instrumento convocatório; no curso da sessão, o autor da oferta de valor mais baixo e os das ofertas com preços até 10% (dez por cento) superiores àquelas poderão fazer novos lances verbais e sucessivos, até a proclamação do vencedor; não havendo pelo menos 3 (três) ofertas nas condições definidas no inciso anterior, poderão os autores das melhores propostas, até o máximo de 3 (três), oferecer novos lances verbais e sucessivos, quaisquer que sejam os preços oferecidos; para julgamento e classificação das propostas, será adotado o

critério de menor preço, observados os prazos máximos para fornecimento, as especificações técnicas e parâmetros mínimos de desempenho e qualidade definidos no edital;

A.4 O Problema

O principal problema é um sistema que possa ter cardápios (para o presente projeto serão utilizados 03 cardápios), indicado por um nutricionista qualquer, com base nas calorias, proteínas, cálcio, opinião do nutricionista e preço por refeição, o sistema seja capaz de indicar qual dos cardápios propostos representa a proposta mais vantajosa para se iniciar o processo de licitação.

Após a etapa ora descrita, o sistema deverá conter agentes para representar o papel de um pregoeiro e papel de um ou mais licitantes:

- **O pregoeiro:** deve analisar os lances e confirmar como lance valido, indicar o ganhador do pregão, analisar se o ganhador do pregão atende as exigências necessárias descritas em edital. E posteriormente se for o caso uma negociação bilateral com o ganhador do pregão.
- **Os Licitantes:** efetuam os lances e se for o vencedor do pregão se for o caso negocia bilateralmente com o pregoeiro.

Os agentes devem ser datados de inteligência para auxiliar nas estratégias e táticas da negociação.

A.5 Considerações Finais

Neste Apêndice se descreve a tabela que será utilizada para a comparação dos cardápios, e o processo licitatório que são a base para o desenvolvimento deste trabalho.