

Ricardo Schmidt

**BUSCA E SELEÇÃO DE PARCEIROS PARA
EMPRESAS VIRTUAIS: UMA ABORDAGEM
BASEADA EM AGENTES MÓVEIS**

**FLORIANÓPOLIS
2003**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**BUSCA E SELEÇÃO DE PARCEIROS PARA
EMPRESAS VIRTUAIS: UMA ABORDAGEM
BASEADA EM AGENTES MÓVEIS**

Dissertação submetida à
Universidade Federal de Santa Catarina
como parte dos requisitos para a
obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

Ricardo Schmidt

Florianópolis, Julho de 2003.

BUSCA E SELEÇÃO DE PARCEIROS PARA EMPRESAS VIRTUAIS: UMA ABORDAGEM BASEADA EM AGENTES MÓVEIS

Ricardo Schmidt

‘Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em *Automação e Sistemas*, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina.’

Prof. Ricardo José Rabelo, Dr.
Orientador

Prof. Edson Roberto De Pieri, Dr.
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Banca Examinadora:

Prof. Ricardo José Rabelo, Dr.
Presidente

Prof. Rômulo Silva de Oliveira, Dr.

Prof. Frank Augusto Siqueira, Dr.

Prof. Antônio Galvão Naclério Novaes, Ph.D.

Dedico este trabalho ao meu irmão Luís Henrique..

AGRADECIMENTOS

Nunca fazemos uma caminhada sozinhos e quando chegamos ao seu fim é preciso lembrar daqueles que estiveram presentes, ajudando de uma ou outra forma, seja pela simples companhia, pelo apoio ou seja pela cobrança e expectativa para que tudo terminasse bem.

Pela jornada que completei, preciso deixar registrados alguns agradecimentos.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus nosso Pai por tudo em minha vida.

Agradeço muito aos meus familiares, meus pais Dulci e Nelson e meus irmãos Cléber e Luís, dos quais me afastei na distância, mas nunca no pensamento, amo vocês.

Agradeço ao Prof. Ricardo J. Rabelo, por sua dedicação na orientação neste trabalho, muito obrigado!. Quero dizer um muito obrigado à Michelle, quem eu considero como co-orientadora. Agradeço ao Galeno e ao Gesser pelas muitas ajudas na implementação.

Agradeço à CAPES pelo suporte financeiro no período em que fui bolsista, apoio que é fundamental para a comunidade acadêmica. Agradeço também ao projeto IFM e ao CNPq, projeto no qual este trabalho esteve enquadrado.

Agradeço à Deus as amizades que fiz durante esse tempo e a convivência com a chamada “magrinhagem” onde estão: Ana Paula, Carlos, Cássia, Cris, Emerson, Fábio, Fábio (Pinga), Luís Fernando, Neves, Patrícia, Priscila, Tércio. Valeu a todos pelo companheirismo, estudos, cafés e festas. Agradeço ainda aos meus colegas de república, Fábio e Emerson, valeu moçada!!

Resumo da Dissertação apresentada à UFSC como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

BUSCA E SELEÇÃO DE PARCEIROS PARA EMPRESAS VIRTUAIS: UMA ABORDAGEM BASEADA EM AGENTES MÓVEIS

Ricardo Schmidt

Julho/2003

Orientador: Ricardo José Rabelo, Dr.

Área de Concentração: Automação e Sistemas

Palavras-chave: Agentes Móveis, Sistemas Multiagente, Empresas Virtuais, Busca e Seleção de Parceiros.

A cooperação na forma de Empresas Virtuais (EVs) é uma solução encontrada por muitas organizações, especialmente de pequeno e médio porte, para o desafio de ampliar sua participação no mercado de negócios, contudo, sem alterar drasticamente suas estruturas. Devido às características de dinamismo e de heterogeneidade das infra-estruturas das empresas integrantes, são necessárias ferramentas que, além de cobrir tais aspectos, agilizem as várias fases do ciclo de vida das EVs. Visando esta maior eficiência e flexibilidade, este trabalho define uma abordagem para auxiliar a Fase de Criação de EVs baseada em uma arquitetura híbrida de agentes. Esta abordagem explora os benefícios do paradigma de agentes móveis para garantir uma maior agilidade na apresentação das oportunidades de negócios ao grupo de empresas e uma maior eficiência na formação e análise das possíveis empresas virtuais a serem constituídas. Os agentes estacionários, que representam cada empresa real, são os responsáveis pela interação com os sistemas legados das empresas para a obtenção das informações desejadas. Visando adequar o modelo proposto aos sistemas de larga escala, como a Internet, requisitos de interoperabilidade, escalabilidade e portabilidade foram considerados durante sua concepção. Além disso, este trabalho incorpora aspectos de segurança para a comunicação dos agentes móveis, fortalecendo o processo de construção de confiança na formação de EVs. Para a validação deste modelo, foi implementado um protótipo que simula uma Organização Virtual existente onde, dada uma tarefa a ser realizada, efetua-se a busca e seleção de parceiros mais adequados à composição de uma EV, permitindo inclusive a qualquer membro atuar como um coordenador deste processo dentro do grupo.

Abstract of Dissertation presented to UFSC as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Electrical Engineering.

VIRTUAL ENTERPRISES' PARTNERS SEARCH AND SELECTION: A MOBILE AGENT BASED APPROACH

Ricardo Schmidt

July/2003

Advisor: Ricardo José Rabelo, Ph.D.

Area of Concentration: Automation and Systems

Keywords: Mobile Agents, Multiagent Systems, Virtual Enterprises, Partners Search and Selection.

The cooperation through Virtual Enterprises (VEs) is a solution found by many organizations, especially small and medium ones, for the challenge to extend its participation in the business market, however, without drastic changing its structures. Due to the dynamics and heterogeneous infrastructure properties of the member companies, it is necessary tools that beyond covering such aspects, speed up the different VEs life cycle phases. Aiming to improve efficiency and flexibility, this work defines an agent-based hybrid approach to assist the Creation Phase of VEs. This approach explores the benefits of the mobile agents paradigm to improve agility in the presentation of business opportunities to the cluster of companies and a higher efficiency in the formation and analysis of the possible virtual enterprises to be constituted. The stationary agents, that represent each real enterprise, are responsible for the interaction with the legacy systems in the companies to obtain the required information. In order to adjust the proposed model to large scale systems, like the Internet, requirements of interoperability, scalability and portability were considered during its conception. Moreover, this work incorporates security aspects for mobile agents communication, reinforcing the process of trust building in VEs creation. To validate this model, a prototype was implemented to simulate an existing Virtual Organization in which, given a task to be accomplished, it realizes the search and selection of suitable partners to compose a VE, allowing any cluster member to act as a coordinator of this process.

Sumário

INTRODUÇÃO	1
1.1 CONTEXTO E MOTIVAÇÃO	1
1.2 OBJETIVOS	3
1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	4
2 EMPRESAS VIRTUAIS E O PROCESSO DE BUSCA E SELEÇÃO	5
2.1 INTRODUÇÃO	5
2.2 EMPRESAS VIRTUAIS	6
2.2.1 COOPERAÇÃO E CONFIANÇA ENTRE PARCEIROS	9
2.2.2 FASES DE UMA EMPRESA VIRTUAL	11
2.3 BUSCA E SELEÇÃO	14
2.3.1 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO	15
2.3.2 MÉTODOS E FERRAMENTAS PARA A BUSCA E SELEÇÃO DE PARCEIROS	16
2.4 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	19
3 SISTEMAS MULTIAGENTE	21
3.1 INTRODUÇÃO	21
3.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL DISTRIBUÍDA	22
3.2.1 POR QUÊ DISTRIBUIR INTELIGÊNCIA?	22
3.3 SOLUÇÃO DISTRIBUÍDA DE PROBLEMAS	23
3.4 SISTEMAS MULTIAGENTE	24
3.5 AGENTES	25
3.5.1 TIPOS DE AGENTE	27
3.6 INTRODUÇÃO AOS AGENTES MÓVEIS	29
3.6.1 MOBILIDADE DE CÓDIGO	29

3.6.2	PARADIGMAS DE PROJETO DE SOFTWARE	30
3.6.3	O MODELO CONCEITUAL COMUM DA OMG	32
3.7	VANTAGENS DOS AGENTES MÓVEIS	34
3.8	DESVANTAGENS DOS AGENTES MÓVEIS	36
3.8.1	AMEAÇAS DE SEGURANÇA EM SISTEMAS DE AGENTES MÓVEIS	37
3.9	O PROBLEMA DA INTEROPERABILIDADE	38
3.10	OUTROS PADRÕES PARA A INTEROPERABILIDADE APLICÁVEIS A AGENTES MÓVEIS	41
3.10.1	LINGUAGEM DE COMUNICAÇÃO DE AGENTES	41
3.10.2	KQML	42
3.10.3	CORBA	44
3.11	DOMÍNIOS DE APLICAÇÃO PARA AGENTES MÓVEIS	45
3.12	TRABALHOS RELACIONADOS	46
3.13	CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	49
4	<u>MODELO CONCEITUAL PROPOSTO</u>	<u>51</u>
4.1	INTRODUÇÃO	51
4.2	USANDO AGENTES NA ATRIBUIÇÃO DE TAREFAS	51
4.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE A ORGANIZAÇÃO VIRTUAL	53
4.4	MODELO PROPOSTO	54
4.4.1	FASE DE CONTATO	54
4.4.2	FASE DE ANÚNCIO	55
4.4.3	FASE DE RESPOSTAS AO ANÚNCIO	57
4.4.4	FASE DE BUSCA DE INFORMAÇÕES	57
4.4.5	FASE DE NEGOCIAÇÃO	58
4.4.6	FASE DE SELEÇÃO	59
4.4.7	CONCESSÃO DE CONTRATO	59
4.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO CONCEITUAL PROPOSTO	60
4.6	MODELO DO SISTEMA	62
4.6.1	HIERARQUIA DO SISTEMA	62
4.6.2	ENTIDADES DO SISTEMA	63
4.6.3	FASES DE ANÚNCIO E RESPOSTAS AO ANÚNCIO	66
4.6.4	FASE DE BUSCA DE INFORMAÇÕES E FASE DE NEGOCIAÇÃO	69
4.6.5	FASE FINAL: A ESCOLHA DAS EMPRESAS	70
4.7	MECANISMOS DE SEGURANÇA PARA O MODELO PROPOSTO	71

4.8	CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	72
5	<u>MODELO DA IMPLEMENTAÇÃO</u>	74
5.1	INTRODUÇÃO	74
5.2	ELEMENTOS DA IMPLEMENTAÇÃO	74
5.2.1	TIPOS DAS MENSAGENS E SEUS FORMATOS	78
5.3	DINÂMICA DO SISTEMA	81
5.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO	89
5.5	PARTICULARIDADES AO CENÁRIO <i>TECHMOLDES</i>	91
5.6	ANÁLISE DE DESEMPENHO	93
5.7	CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	96
6	<u>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</u>	97
	<u>ANEXO A</u>	100
	<u>ANEXO B</u>	102
	<u>GLOSSÁRIO</u>	107
7	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	109

Lista de Figuras

Figura 2-1 <i>Framework</i> para Negócios Virtuais Globais (Adaptação de Bremer et al. 1999)	8
Figura 22 Fases do ciclo de vida de uma EV (CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH, 1999a)	12
Figura 4-1 Contato Inicial	55
Figura 4-2 Difusão do Anúncio para as várias empresas	55
Figura 4-3 Exemplo de um cenário em uma OV	61
Figura 4-4 Hierarquia de controle (MALONE e SMITH, 1988)	63
Figura 4-5 Arquitetura de um agente do sistema	64
Figura 4-6 Cenário representando o <i>cluster</i> e as entidades presentes no sistema	64
Figura 4-7 Diagrama de Seqüência representando a 1ª fase do anúncio e o envio de respostas	67
Figura 4-8 Diagrama de Seqüência representando o envio do anúncio completo	68
Figura 4-9 Diagrama de Seqüência representando a criação de um agente Pesquisador e sua ação no sistema	69
Figura 4-10 Diagrama de seqüência das ações do Agente Negociador	70
Figura 5-1 Interface do Agente Gerenciador do Grupo	81
Figura 5-2 Interface do Agente Empresa <i>Aglets</i>	81
Figura 5-3 Interface do Agente <i>Broker</i>	82
Figura 5-4 Diagrama de atividades	83
Figura 5-5 Interface do Agente Mensageiro	83
Figura 5-6 Recebimento do Anúncio, apresentação da Interface e resposta ao <i>Broker</i>	84
Figura 5-7 Interface apresentando o Anúncio resumido	84
Figura 5-8 Fase de Resposta	85

Figura 5-9 Interface para composição da resposta à Oportunidade de Negócio	85
Figura 5-10 Configuração dos quesitos de negociação	87
Figura 5-11 Interface para reavaliação de proposta	87
Figura 5-12 Resultado das combinações de EVs possíveis	88
Figura 5-13 Ponte de comunicação entre as plataformas de agentes	90
Figura 5-14 Anúncio Resumido	92
Figura 5-15 Anúncio Completo	92
Figura 5-16 Gráfico da relação tempo x carga de dados transportada	95

Introdução

1.1 Contexto e motivação

A atuação das empresas, tanto de manufatura quanto de prestação de serviços, tem sofrido profundas alterações frente à realidade do mercado. Fatores como a competitividade acirrada, consumidores cujas necessidades mudam rapidamente e a exigência por rápidas respostas a estes desafios, são alguns dos motivos para as mudanças na estrutura das organizações.

Neste mercado, a situação para empresas de pequeno e médio porte fica ainda mais complicada, pois exige grande flexibilidade e dinâmica da empresa, o que ao final representa altos custos e por vezes, até quase uma inviabilidade para a sua atuação. Crescer é a solução, porém, novamente as questões de custo impõem restrições. Uma solução encontrada é a cooperação, na qual o objetivo é unir esforços e competências complementares e promover o crescimento de empresas organizadas na forma de um grupo. Esta é a idéia base das Empresas Virtuais (EVs), uma denominação recente para a forma de atuação onde empresas cooperam – com variados graus de autonomia – para atender necessidades do mercado, sendo sua comunicação suportada por redes de computadores (CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH, 1999a). Cada participante da EV ganha poder de atuação, amplia seus horizontes no mercado e passa a concorrer com empresas cuja estrutura é superior à sua. Portanto, cooperar sob a forma de EV é uma estratégia considerada bastante adequada a empresas de pequeno e médio porte.

Trabalhos como MOLINA et al. (1998) e BREMER et al. (1999) apresentam projetos cuja preocupação é voltada para a criação das Organizações Virtuais (OV – grupos de empresas com intenção de cooperar) e em estabelecer métodos para identificar as competências principais das empresas. Entre as metodologias de suporte está a prática de entrevistas e reuniões com os representantes das empresas, onde são identificadas as competências e, a partir disto, as integrantes da EV são selecionadas. A realização de reuniões é uma atividade importante para a construção da confiança entre os parceiros, porém, sua ocorrência traz desvantagens quanto ao tempo necessário até que a formação da EV seja consolidada. Também o fato de que as empresas estão normalmente localizadas em regiões distantes, implica em problemas de deslocamento dos responsáveis, aumentando o tempo e os custos. Finalmente, há a complexidade intrínseca ao processo de seleção,

uma vez que usualmente as possibilidades de agrupamentos de empresas que poderiam atender à oportunidade de negócio são da ordem de dezenas ou centenas.

Agilizar esta etapa da formação da EV permite que sua configuração seja mais rápida, tornando-a apta a entrar na sua fase de operação em um intervalo de tempo menor e assim, ganhar vantagens sobre seus concorrentes. Porém, não deixando de lado a necessidade da construção de confiança entre os parceiros e a qualidade dessa formação frente aos requisitos do negócio.

Como os integrantes de uma OV são empresas independentes, normalmente distribuídas dentro de uma região e que possuem diferentes infra-estruturas de Tecnologia de Informação (TI), qualquer solução pretendida para o suporte à Busca e Seleção de parceiros para a formação de Empresas Virtuais deve levar em conta estes fatores. Além disso, exigir uma padronização na infra-estrutura de TI das empresas não é uma alternativa viável, pois provoca o abandono de soluções já implantadas e introduz alterações significativas nos processos das empresas, o que por vezes é inviável de se fazer.

Abordagens apresentadas em CAMARINHA-MATOS e CARDOSO (1999) e MEJIA e MOLINA (2002) fazem uso de tecnologias baseadas na Internet para o levantamento de informações sobre empresas através de consultas em serviços providos por outras organizações, ou então, em bases de dados especialmente criadas para a OV. Serviços especializados em reunir informações sobre empresas já existem na Internet e representam uma facilidade extra para a realização das buscas por parceiros. Tais abordagens já representam um progresso em termos de se propiciar algum grau de assistência/suporte à decisão na seleção final das empresas que farão parte de uma EV. Porém, normalmente sua funcionalidade resume-se em apontar prováveis parceiros, não promovendo, por exemplo, a comunicação entre clientes desses serviços e as empresas indicadas.

Como a formação de EVs trata de um problema essencialmente distribuído e que envolve a atribuição de tarefas a “nós processadores”, uma alternativa promissora é a utilização de Sistemas Multiagente (SMAs). De acordo com SYCARA (1998), SMAs apresentam vantagens para aplicações distribuídas, como por exemplo: permitir a descentralização do controle, utilizar eficientemente as fontes de informação e os nós de processamento e ainda, permitir lidar com os sistemas legados nas empresas. A idéia subjacente é a de introduzir algum nível de inteligência no sistema de forma que todas as entidades envolvidas possam se comunicar. Na abordagem de SMA, isso passa por “agentificar” as empresas participantes, vendo-as como “nós processadores” e autônomos. Em outras palavras, passa por introduzir “agentes de software” que atuam como representantes das empresas, promovendo a comunicação entre estas. Efetuam buscas e trocas de

informações, realizam negociação, entre outras atividades. HARBILAS et al. (2002) e RABELO et al. (2000) são exemplos que seguem esta abordagem, com agentes **estacionários**.

Em SZIRBIK et al. (2000), ROCHA e OLIVEIRA (2002) e COSTA e RABELO (2001) são utilizados agentes **móveis** para prover o suporte à criação de Empresas Virtuais. Ou seja, agentes de software que têm a habilidade de se deslocar pela rede para buscar informações. Os agentes móveis trazem algumas vantagens, tais como: a redução da carga da rede com a possibilidade de interação local entre as empresas, podem operar de forma assíncrona e autônoma possuindo uma independência das características dos canais de comunicação, e são naturalmente heterogêneos. Porém, para beneficiar-se dessas características, as situações onde os agentes móveis serão empregados devem ser cuidadosamente avaliadas e uma infra-estrutura que garanta alguns aspectos de segurança precisa ser introduzida para fortalecer o processo de construção de confiança.

As considerações citadas anteriormente sobre o problema e as abordagens para a Busca e Seleção de parceiros na formação de EVs, juntamente com a intenção de prover uma maior agilidade e maior flexibilidade para este processo e com isso promover a competitividade para as empresas, foram as principais motivações para a realização deste trabalho.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o uso de sistemas híbridos de agentes (estacionários + móveis) no suporte à formação de Empresas Virtuais. Para isto, é proposta uma abordagem de Busca e Seleção de parceiros que serve como ferramenta de auxílio a especialistas humanos na escolha das empresas mais adequadas para constituir uma EV. A abordagem proposta visa oferecer uma solução flexível, eficiente e segura para os problemas encontrados no processo da busca e seleção, procurando incorporar os benefícios dos agentes móveis e estacionários. Visando ainda adequar a abordagem proposta aos sistemas abertos, como a Internet, e facilitar a inclusão dinâmica de novas empresas a uma organização virtual, os requisitos de escalabilidade, interoperabilidade, portabilidade e segurança foram considerados durante a concepção desta abordagem.

Visando atender ao objetivo geral desta proposta, os seguintes objetivos específicos serão perseguidos:

- elaborar um modelo conceitual para o processo de busca e seleção de parceiros e definir um sistema que aplique este modelo através de uma arquitetura híbrida de agentes;
- definir e implementar um protótipo que simule a busca e seleção de parceiros mais adequados à composição de uma EV dentro de uma Organização Virtual de empresas de moldes e matrizes já existente, (chamada *TechMoldes*), localizada em Caxias do Sul, RS.

1.3 Organização da Dissertação

O capítulo 2 apresenta aspectos sobre a forma de cooperação através de Organizações Virtuais, as fases do seu ciclo de vida, dando um maior destaque para a etapa de Busca e Seleção, que é o foco deste trabalho.

No capítulo 3 é feita uma introdução à Inteligência Artificial Distribuída, apresentando noções sobre os Resolvedores Distribuídos de Problemas e os Sistemas Multiagente (SMAs). A abordagem empregada neste trabalho é um SMA para auxiliar na tarefa de formação de Empresas Virtuais. Assim, são apresentados conceitos sobre Agentes e Agentes Móveis, suas vantagens e desvantagens, problemas como a interoperabilidade e ainda, algumas aplicações na área de Empresas Virtuais que utilizam agentes móveis.

O modelo conceitual proposto para realizar a Busca e Seleção de parceiros através da utilização de um Sistema Multiagente híbrido é apresentado no capítulo 4. O capítulo 5 mostra os aspectos no modelo de implementação, o protótipo desenvolvido e a análise dos resultados obtidos.

No capítulo 6 são feitas as conclusões e as sugestões para trabalhos futuros e aperfeiçoamento do sistema.

Capítulo 2

Empresas Virtuais e o Processo de Busca e Seleção

2.1 Introdução

As formas de praticar o comércio de bens e serviços, tanto de empresa para empresa, quanto entre empresa e consumidor, sofreram alterações com o surgimento e a rápida expansão de tecnologias associadas às redes de computadores. A partir do crescimento da Internet e do aperfeiçoamento dos serviços suportados por esta, surgiram novos conceitos e novos paradigmas na área de Negócios, como por exemplo o Comércio Eletrônico.

Estas alterações trouxeram novos desafios para o mercado, tornando-o mais competitivo e dinâmico, forçando as empresas a procurarem meios que pudessem garantir a sua sobrevivência neste novo mercado. Na prática, pouca coisa realmente nova surgiu. O que ocorreu foi a alteração das formas como determinados procedimentos eram realizados, tornando-os mais ágeis, reduzindo custos e anulando fatores que até então representavam problemas entre os envolvidos numa transação comercial. Ou seja, procurou-se adequar conceitos já existentes com a tecnologia e infraestrutura que agora surgem, usando de benefícios como comunicação rápida entre pontos remotos para sobrepor os problemas causados pela distância.

Um desses conceitos que já existiam e que passou a ser melhor explorado pelas empresas foi o da Cooperação, agora sob a forma das estruturas de Organizações e Empresas Virtuais (OV e EV).

Este capítulo define Empresas Virtuais, discute os problemas encontrados para estabelecer a cooperação e a confiança entre os parceiros e apresenta as fases do ciclo de vida de uma EV, abordando em detalhes o processo de Busca e Seleção de parceiros na Formação de EVs. Ainda

neste capítulo, alguns trabalhos relacionados que apresentam métodos e ferramentas que auxiliam o processo de Busca e Seleção de parceiros são analisados.

2.2 Empresas Virtuais

CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH (1999a) afirmam que a cooperação entre empresas não é algo novo, mas que o uso de tecnologias de informação para realizar esta cooperação de uma forma ágil é uma característica chave no conceito de Empresa Virtual. No mesmo trabalho, é apresentada uma definição de Empresa Virtual, que é formada da combinação entre várias definições encontradas. Segundo os autores, “uma empresa virtual é uma aliança temporária de empresas que se reúnem para partilhar habilidades ou recursos e suas competências principais, visando melhor responder a oportunidades de negócios, e cuja cooperação é provida por redes de computadores”, ou seja, frente a um desafio de mercado, algumas empresas se unem, cada uma colaborando através dos seus recursos, como pessoal, conhecimento e maquinário, na realização de partes da tarefa. Ao final, quando todas as empresas participantes concluírem suas tarefas individuais, o objetivo da empresa virtual terá sido alcançado e as empresas podem desfazer a união.

O trabalho de BROOS et al. (1999), além de fazer referência à característica de união temporária e compartilhamento de recursos, introduz a noção da visão externa de uma EV, a qual não toma conhecimento dos detalhes internos desta estrutura. Assim, um cliente, ao relacionar-se com uma empresa virtual, enxerga uma única organização e não a união de várias outras companhias. Outra característica, apontada no mesmo trabalho, é que as empresas que participam da união temporária dividem os riscos envolvidos neste tipo de atuação. Portanto, se há lucro gerado ao final das atividades, este será dividido entre os envolvidos, e se as atividades não forem bem sucedidas, os prejuízos também serão divididos.

O paradigma de EVs é visto como uma boa solução para que empresas, especialmente as de pequeno a médio porte, possam competir em melhores condições no mercado. Como ressaltado em (CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH, 1999a), companhias deste porte precisam unir suas habilidades e recursos para sobreviver e obter vantagem competitiva num ambiente de mercado global, o que remete diretamente ao conceito de EV. SZIRBIK et al. (2000) observam que as empresas participantes vêem a EV como uma atividade paralela que as ajuda, principalmente, a otimizar a utilização de recursos, eliminando intervalos de folga no seu uso e aumentando os tipos de recursos disponíveis, ainda que de forma virtual.

Outro fator que aponta para a abordagem de EVs (CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH, 1999b) é que empresas estão sentindo a necessidade de concentrar esforços nas suas competências principais, deixando atividades fora da sua capacidade para outras empresas ou fornecedores. Assim, as empresas se unem na forma de organizações colaborativas (ou cooperativas) para completar todo o processo e poder atender às exigências de produtos ou serviços. Neste caso, uma EV pode “concretizar” essa união entre as empresas estabelecendo um contrato com atribuição de tarefas, definição de papéis dos membros e demais responsabilidades.

A área geral de EV/OV é ainda muito recente. Além de uma série de aspectos ainda não terem sido solucionados, as próprias definições encontradas na literatura possuem uma certa variação para um mesmo termo, além de continuarem em processo de refinamento à medida que ocorrem progressos na área. Por exemplo, vide o conceito de *Cluster*. Para SZIRBIK et al. (2000), *Cluster* é um grupo de empresas pertencentes a uma Empresa Virtual e que estão envolvidos na execução de uma tarefa para algum cliente. Aqui fica claro que todas as empresas que desejam cooperar em tarefas de produção, pertencem a uma EV e aquelas que efetivamente participam na realização de uma tarefa, formam um *Cluster*. Já outros autores, se referem à EV como a aliança temporária que visa atender uma oportunidade específica, composta por algumas empresas participantes de um grupo maior, que é chamado de *Cluster*. Um *Cluster* de empresas é definido por CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH (1999a) como um grupo de empresas com potencial e vontade de cooperar, que podem tornar-se parceiras numa EV a partir de uma seleção baseada nas suas competências. Esta definição será seguida no presente trabalho, tendo um *cluster* como um agrupamento estratégico entre empresas independentes e autônomas, que atuam em áreas semelhantes ou complementares, e a partir da qual EVs podem ser estabelecidas.

Uma EV está inserida num universo maior chamado de Organização Virtual (OV). Uma OV, de acordo com a definição de MEJIA e MOLINA (2002), é uma forma de organização na qual uma coleção de empresas legalmente independentes, instituições ou indivíduos unem-se para cooperar em uma missão particular. Em BREMER et al. (1999) e MOLINA et al. (1998) é apresentado um *framework* (arcabouço) para negócios virtuais globais, composto por três entidades: *Virtual Industry Cluster* (*Cluster* de Indústria Virtual), *Virtual Enterprise Broker* (*Broker* da Empresa Virtual) e a *Virtual Enterprise* (Empresa Virtual), representadas na Figura 2-1. Este arcabouço foi desenvolvido pela rede COSME (*Cooperation of Small and Medium Enterprises*) (COSME, 2001), uma cooperação entre diversas universidades e empresas de pequeno e médio porte criada em 1997 para melhor entender o funcionamento de uma empresa virtual. Nesta estrutura, o *Cluster* de Indústria Virtual é uma agregação de companhias com o propósito de ganhar acesso a novos mercados e oportunidades de negócios. O *Broker* da Empresa Virtual é uma

entidade responsável por identificar estas oportunidades e possibilitar a criação de empresas virtuais. Conforme MEJIA e MOLINA (2002), o principal objetivo de uma Organização Virtual é criar Empresas Virtuais para explorar oportunidades de negócio identificadas pelo *Broker* da Empresa Virtual usando das competências dos parceiros de diferentes *clusters*.

Já de acordo com CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH (1999a) uma Organização Virtual é semelhante à Empresa Virtual. Compreende uma rede de organizações que compartilham recursos e habilidades para alcançarem sua missão que, porém, não está limitada a uma aliança de empresas. As organizações integrantes podem ser das mais diferentes áreas de atuação, como por exemplo: indústria, prestação de serviços, atacado e varejo, entre outras. Uma empresa virtual é então, um caso particular de organização virtual.

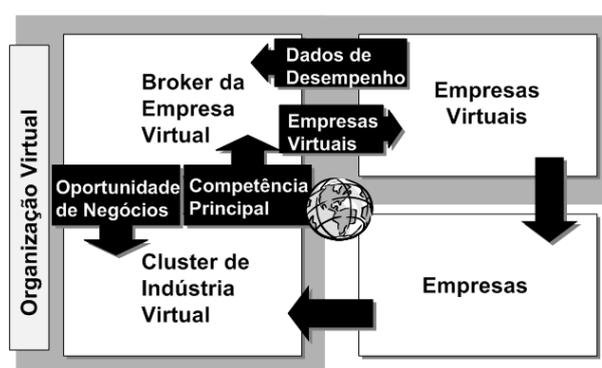


Figura 2-1 *Framework* para Negócios Virtuais Globais (Adaptação de Bremer et al. 1999)

No trabalho de COSTA e RABELO (2002) uma OV é vista como o universo de empresas “aptas” a participarem de uma EV, munidas de infra-estruturas e serviços de suporte para transacionarem pela rede. Portanto, qualquer EV seria oriunda de uma OV. Dentro desta OV, vários *clusters* poderiam existir como organizações logicamente organizadas com critérios de competência, regionalização, entre outros.

Em CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH (2002), o conceito de EV e OV continua a ser refinado, como resultado de importantes iniciativas internacionais, como os projetos *ThinkCreative*¹ e *VOmap*². Nestes, aqueles conceitos são vistos da segunda forma e são vistos, portanto, de certa forma como os mais “atuais” e “aceitos” até o momento. Empresas “aptas” a transacionarem digitalmente numa filosofia de EV são, por definição, autônomas, independentes e

¹ ThinkCreative <http://www.uninova.pt/~thinkcreative/>

² VOmap <http://www.vomap.org/>

heterogêneas, e são contatáveis. Através de um ambiente/organização análogo a uma Incubadora (chamados de *Breeding Environments*), agrupamentos de empresas podem ser formados para atender a uma oportunidade de negócios, independentemente se estas empresas fazem parte ou não de outras “organizações”, tais como *clusters*. Se esta aliança temporária estiver formada apenas por empresas de manufatura, seria uma EV. Se for formada por empresas de variadas naturezas, então seria uma OV.

É importante salientar que a existência de definições mais “precisas” é fundamental para a área, que carece principalmente de modelos de referência. Com o aparecimento de dezenas de tecnologias de informação nos últimos anos e com a crescente necessidade de se ter sistemas de suporte para EVs/OVs, a existência de conceituações mais claras e de horizonte mais longo contribui para o surgimento de soluções tecnológicas de mais longo prazo.

SZIRBIK et al. (2000) apresentam um exemplo de uma área de atuação de uma EV: o mercado de peças de reposição para aeronaves. Devido ao fato de que uma grande parte da frota de aviões comerciais atualmente em uso (80%, segundo o trabalho) ser composta por modelos que deixaram de ser produzidos, sendo que em alguns casos as empresas fabricantes destes modelos nem mesmo existem mais, ocasiões onde peças precisam ser substituídas encontram alguns empecilhos, como a falta de uma empresa que forneça a peça inteira. O exemplo usa a situação da troca de um sistema de trem de pouso de uma aeronave, um sistema complexo e formado por vários elementos e que não é fornecido por empresas fabricantes de aviões, as quais têm seus focos na venda de aeronaves e não de peças de reposição. As peças componentes de um trem de pouso são fabricadas por várias empresas, espalhadas pelos mais diferentes lugares do mundo. Esta é uma situação característica para empregar a abordagem de EV, pois atende negócios de ocasião (as chamadas oportunidades de negócio), possui vários elementos processadores ou empresas fabricantes que estão espalhadas geograficamente, sendo que uma empresa não tem capacidade para atender à oportunidade contando apenas com suas habilidades e recursos.

MOLINA et al. (1998) afirmam que além do setor de manufatura, há também a área de serviços, especialmente os de turismo, *marketing*, software, comunicação, educação e informação, nos quais a formação de EVs é uma solução apropriada.

2.2.1 Cooperação e Confiança entre Parceiros

Normalmente a confiança entre indivíduos numa tarefa de cooperação é desenvolvida de maneira gradual, ou seja, quanto mais longa for a existência de uma relação e o contato entre estes indivíduos, maior é a possibilidade de estabelecer essa confiança. Porém, empresas virtuais são

alianças temporárias e portanto, não dispõem de tempo para o estabelecimento gradativo da confiança.

GOULART (2000) defende que a cooperação entre as empresas é fundamental para o sucesso de uma Empresa Virtual, porém, salienta que apesar desta necessidade, as empresas podem atuar de forma não cooperativa com as demais, ao levarem em conta seus objetivos e prioridades individuais em detrimento do grupo, ou então, seguirem um comportamento próprio e dificultar a integração com as demais. Dessa forma, para alcançar a cooperação são necessárias algumas “regras” para o grupo.

WIENDAHL e HÖBIG *apud* GOULART (2000) apresentam algumas regras para a cooperação entre parceiros em uma rede de produção, a saber:

- a compreensão de todos os parceiros sobre os objetivos da rede é fundamental, assim como concordar com estes e estar ciente das suas responsabilidades para o sucesso da união;
- toda a informação transmitida entre os parceiros deve atender aos objetivos da rede;
- parceiros que ocasionarem algum problema na produção serão responsabilizados;
- a otimização de toda a rede tem prioridade sobre a otimização de um único processo ou parceiro;
- todo parceiro concorda em seguir as instruções do coordenador³.

No trabalho de IACONO e WEISBAND (1997) é feito um estudo sobre como equipes virtuais temporárias rapidamente desenvolvem e mantêm relacionamentos de trabalho com pessoas que quase não conhecem, e que podem não encontrar mais, tendo como objetivo realizar trabalho interligado. Devido ao fato de que estes grupos temporários devem agir rapidamente para cumprir suas metas, os membros precisam atuar de imediato, como se a confiança já estivesse estabelecida, ao invés de esperar até descobrir em quem podem confiar ou não. Esta forma de atuação, onde a confiança é considerada como já estabelecida, é chamada de “confiança imediata” (*swift trust*). Na

³ O coordenador é responsável pelo cumprimento das atividades do grupo (ver seção 2.3)

confiança imediata é necessária uma interação constante entre os participantes para que de fato as ações ocorram e o processo se encaminhe para um resultado final.

O trabalho EISENTRAUT et al. (2001) apresenta o projeto TiBiD⁴ que emprega o conceito de comunidade, explorando seu potencial para dar suporte na formação de empresas virtuais, usando-a como meio para a comunicação e a descoberta de parceiros. Na construção da confiança, é usado o conceito de redes de relacionamentos (*Relationship Networks*), onde é feita uma coleta de informações sobre os relacionamentos, visando oferecer suporte não somente para a busca de parceiros, mas também para descobrir indivíduos que apontem para potenciais parceiros (ligações indiretas) ou que possam emitir alguma avaliação sobre um parceiro pretendido.

A integração entre os membros é dificultada devido às diferenças de conduta de um membro para outro, sendo que algumas ações podem ser tomadas num momento pré-formação da EV visando minimizar estes problemas. Conforme BYRNE *apud* GOULART (2000), alguns mecanismos que podem aumentar a cooperação e a confiança entre as empresas são: a promoção de reuniões formais e informais, visitas nas empresas, dinâmicas de grupo, simulações de situações hipotéticas e desenvolvimento conjunto da estratégia do grupo.

O trabalho NAYAK et al. (2001) ressalta que neste modelo de atuação, onde as empresas podem ser concorrentes e parceiras simultaneamente, há questões muito importantes ligadas à proteção de dados sensíveis, ao cumprimento dos prazos e à qualidade do produto fabricado pelos parceiros. Na questão das informações sensíveis, o uso de controle rígido de acesso aos repositórios de documentos e o estabelecimento de registros de acesso aos dados, para posterior auditoria, podem aumentar a segurança do sistema e reduzir as chances de vazamento de informações sensíveis para os concorrentes. Outras iniciativas para garantir a confiança podem ser tomadas por agências governamentais ou outras entidades, como por exemplo, a pré-certificação de companhias, avaliação das habilidades da companhia e o estabelecimento de padrões de qualidade adequados.

2.2.2 Fases de uma Empresa Virtual

Toda Empresa Virtual tem um ciclo de vida composto por várias fases (Figura 2-2) que serão descritas a seguir (CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH, 1999a), (CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH, 1999b) e (SPINOSA et al., 1998):

⁴ <http://www.telekooperation.de/tibid/>

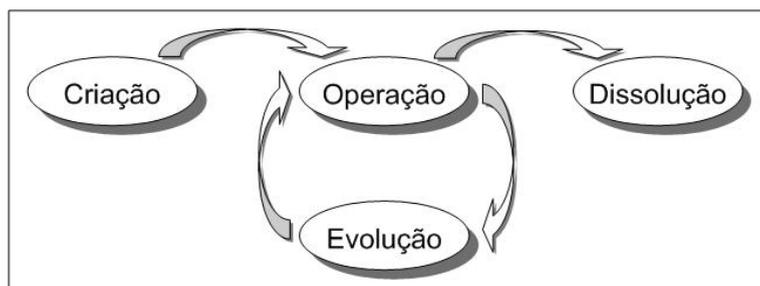


Figura 2-2 Fases do ciclo de vida de uma EV (CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH, 1999a)

Criação: fase inicial quando a EV é criada e, posteriormente, configurada. Nesta fase as principais funcionalidades necessárias são: busca e seleção de parceiros, negociação de contrato, definição de direitos de acesso e nível de compartilhamento das informações e repositórios, integração com sistemas legados, definição de procedimentos de entrada/saída de integrantes e configuração. O passo inicial na criação é a busca e seleção dos parceiros que serão os membros da EV. A busca é baseada nas competências principais dos participantes. Os outros passos desta etapa envolvem: a elaboração e envio de propostas por parte das empresas candidatas à EV; o estabelecimento de contratos entre as empresas selecionadas e também da EV com o cliente. A etapa de busca e seleção será melhor detalhada na seção 2.3.

Operação: é quando a EV está realizando seus processos de negócios para atingir seus objetivos. Na Fase de Operação, os membros da empresa virtual necessitam de uma série de funcionalidades como:

- troca de informações básicas: troca de dados comerciais, técnicos e informações gerais. Também acompanhar o andamento dos trabalhos em outro elemento do grupo; Capacidade de lidar com diferentes padrões, através de protocolos e formatos de mensagens (KLEN et al., 2001);
- o tratamento de eventos e exceções: tratar os eventos e as exceções geradas de forma assíncrona tanto dentro da empresa quanto por outros elementos do grupo;
- a coordenação avançada: monitorar o estado da tarefa sendo desempenhada, comparando-o aos planos descritos no contrato, para que o resultado seja atingido como planejado (RABELO et al., 2002);
- a monitoração de aspectos relacionados a materiais e serviços: monitorar seu fluxo através da rede da EV; possibilitar o uso de logística (transporte, controle de estoque e armazenamento) e ainda, realizar previsões quanto ao uso de materiais e recursos (RABELO e KLEN, 2002).

Evolução: durante a operação da EV, pode ser necessário adicionar ou substituir algum parceiro por motivos excepcionais, ou mesmo ter suas prerrogativas de acesso às informações alteradas. HARBILAS et al. (2002) apresentam algumas razões para a substituição de um parceiro: falta de materiais, falência e ineficácia ou incompetência para cumprir sua missão no tempo estabelecido. Para efetuar a substituição ou adição de algum membro à EV, são necessárias funcionalidades semelhantes àquelas da fase de criação.

Dissolução: é a fase onde são finalizados os processos de negócios da EV, e então esta é desfeita. Duas situações levam à dissolução: ou ter alcançado o sucesso das suas metas, ou por decisão tomada pelos parceiros, de parar os serviços. Conforme CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH (2002), as implicações decorrentes da operação da EV não podem ser simplesmente ignoradas quando esta for desfeita. Grande parte das implicações é de natureza legal e deverá estar regulamentada através dos acordos de cooperação. Um exemplo é a responsabilidade pelo suporte ao cliente e pela manutenção do produto durante sua vida útil. Também há questões não materiais que devem ser previstas e tratadas para enfrentar situações “pós-dissolução” da EV, como por exemplo, a política de direitos sobre a propriedade intelectual, o que fazer com as informações geradas durante a vida da EV e onde esta fica armazenada. O término de uma experiência de colaboração entre empresas resulta numa quantidade de conhecimentos importantes, principalmente sobre o que deu certo, o que deu errado e sobre o desempenho e a confiança nos parceiros. Estes conhecimentos podem, por exemplo, ser empregados em futuras seleções de parceiros para a formação de novas EVs, servindo como fonte para indicadores de confiança nos parceiros.

A formação de uma EV é uma atribuição de tarefas a nós processadores. De acordo com SYCARA (1998), atribuição de tarefas é o problema de designar responsabilidades e recursos para a solução de problemas a um nó processador (“um agente”). Desta forma, dada uma tarefa a ser executada e possuindo vários elementos capacitados, é necessário identificar aqueles que não apenas têm capacidade de execução, mas que possam fazê-la da melhor forma possível. E ainda, quando mais de um elemento estiver envolvido nesta execução, as atividades conjuntas devem ter um escalonamento (*scheduling*) adequado, procurando atingir metas como: otimizar a utilização dos recursos, minimizar os tempos ociosos daqueles nós processadores e coordenar a seqüência das atividades de forma ótima.

O presente trabalho está direcionado à fase de Criação da EV, sendo seu foco principal voltado para a etapa de Busca e Seleção dos membros que irão constituir uma EV. No entanto, como pode ser observado na definição das fases também pode ser estendido para cobrir aspectos

das etapas posteriores à busca e seleção, podendo atuar na substituição de algum dos integrantes do grupo, e aproveitar da infra-estrutura montada para efetuar a monitoração das atividades sendo desempenhadas. A seguir será detalhada a fase de Busca e Seleção para uma EV.

2.3 Busca e Seleção

Uma empresa pode exercer diferentes papéis dentro de uma EV durante as fases do ciclo de vida. Em outras palavras, diversos “atores” podem ser encontrados em uma organização virtual, tendo os seguintes papéis (CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH, 1999a):

- Coordenador – pode ser desempenhado por um nó especializado em coordenação adicionado à EV ou então, por algum membro pertencente. Supervisiona e coordena diferentes atividades das empresas para atingir os objetivos da EV;
- Membro – empresa participante de uma EV. Partilha e troca informações e materiais necessários para a cooperação e o escalonamento da produção, com outros membros;
- *Broker* - esta é a função de quem cria a EV e procura por parceiros.

Embora esteja resumida na conceituação recém apresentada, a função do *Broker* é fundamental para o bom desempenho da EV. Sua atividade é chamada de **Brokerage**, que, no domínio do comércio eletrônico é uma atividade que procura promover a junção entre duas partes: comprador e vendedor, com o objetivo de realizar um negócio (CLURMANN et al., 1997 *apud* EINSIEDLER et al., 1999). Um vendedor deseja saber quais potenciais compradores estão interessados em seus produtos, enquanto um comprador quer encontrar o melhor vendedor conforme seus critérios. Pode-se dizer então, que *brokerage* significa realizar a mediação entre duas partes num relacionamento de oferta e procura; partes estas que normalmente não se conhecem.

Um estudo feito em ÁVILA et al., (2002) afirma que a mediação realizada pelo *Broker* é uma boa solução para dificuldades que um consumidor possui em: localizar um fornecedor; realizar uma compra; encontrar produtos e serviços necessários a um preço justo; e ainda, confiar no fornecedor. Neste mesmo trabalho, são apresentadas as funções pertinentes ao *Broker*, entre as quais destaca-se:

- Formação da Empresa Virtual;
- Identificação de recursos necessários para o serviço requisitado;

- Disseminação das informações – serve de ponte entre cliente e fornecedor, identificando demanda para novos produtos ou promovendo a divulgação destes junto aos clientes;
- Interação com outros *Brokers* – para solicitar ou oferecer serviços a outras EVs;
- Negociação diretamente com fornecedores;
- Garantir a confidencialidade entre cliente e fornecedor, permitindo que as duas partes permaneçam anônimas se assim desejarem.

HARBILAS et al. (2002) apresentam o conceito de *Broker* de Informação como um módulo intermediário que facilita a troca de informações entre duas partes (fornecedores e clientes). Este mesmo trabalho define que, no contexto de empresas virtuais, a atividade de *Brokerage* é responsável pela busca por empresas adequadas e pela decisão com relação à composição da EV. Salienta que a tarefa do *Broker* não está resumida apenas à formação, mas que pode se estender por todo o ciclo de vida da Empresa Virtual, podendo determinar as regras da aliança, controlar sua operação, avaliar os membros e finalmente desfazer a EV.

Como citado anteriormente, a busca e seleção de parceiros é realizada durante a fase de criação da Empresa Virtual (EV), quando uma nova oportunidade é identificada e é necessário encontrar aqueles que serão os responsáveis por atender esta oportunidade. Outro momento que as atividades de busca e seleção são necessárias é quando a EV já está na sua fase de operação e algum dos membros tiver que ser substituído por não estar conseguindo cumprir suas tarefas; então, inicia-se um novo processo para encontrar outro indivíduo que possa substituir o membro que deixou a EV.

2.3.1 Critérios de Seleção

Outra questão na escolha de parceiros é referente à qualificação dos candidatos e os critérios que a seleção deve levar em consideração. O fato de que EVs podem ser empregadas nas mais diferentes áreas, como por exemplo produção e prestação de serviços, que por sua vez abrem um horizonte amplo de possíveis aplicações, representa uma grande dificuldade em definir quais são os critérios ideais a serem usados na classificação dos possíveis parceiros a integrá-las. Para cada aplicação que uma EV está destinada, há diferentes variáveis na definição dos mais capacitados a se tornarem colaboradores.

Por exemplo, o trabalho MOLINA et al. (1998) apresenta uma organização virtual composta por empresas de manufatura ligadas a diferentes áreas como: metal mecânica, injeção de

plásticos, cerâmica e até mesmo têxtil, na qual são utilizados os seguintes requisitos para selecionar um parceiro:

- Disponibilidade;
- Custo;
- Disposição em participar de relacionamentos de negócios em longo prazo;
- Qualidade constante nos produtos;
- Prazos de entrega menores.

De um modo geral, as informações mais importantes são referentes ao casamento entre as exigências do processo de negócio e as competências daquele que pretende participar de tal processo. Assim, é necessário saber o quão capacitado está tal candidato para realizar a tarefa proposta, buscando informações sobre suas competências principais, a sua capacidade de comprometimento para este processo e dados sobre os produtos ou serviços que disponibiliza.

2.3.2 Métodos e ferramentas para a Busca e Seleção de parceiros

Diversos trabalhos vêm sendo feitos para propor e estudar metodologias e ferramentas adequadas para a busca e seleção de parceiros na formação de Empresas Virtuais.

No Brasil, o projeto VIRTEC (BREMER et al., 1999) é considerado o pioneiro na área de Organizações Virtuais. Iniciado no NUMA (Núcleo de Manufatura Avançada, Escola de Engenharia de São Carlos, USP) em 1998, é formado por nove empresas de diferentes áreas, como por exemplo: eletrônica, indústria de polímeros e metal-mecânica, e baseado no modelo para Negócios Virtuais Globais (do inglês *Global Virtual Business*) (COSME, 2001). O projeto está focado na estruturação da OV, procurando fazer o casamento entre as competências principais dos membros e, a partir deste, identificar áreas e produtos com potencial aceitação de mercado (identificar oportunidades de negócios). No VIRTEC, a formação das empresas virtuais é realizada com base em experiências de relacionamentos realizadas durante a fase de estruturação da OV. São realizadas entrevistas e reuniões com os representantes das empresas com o objetivo de levantar as competências principais de cada empresa. Nestas reuniões as empresas apresentam idéias e projetos sobre novos produtos com potencial aceitação de mercado e procuram competências dentro do grupo para viabilizar o seu desenvolvimento.

A abordagem do projeto VIRTEC para a formação de EVs é baseada em processos não automatizados. O projeto não dispõe de ferramentas automatizadas para auxiliar nestas atividades, exigindo dos participantes apenas uma infra-estrutura mínima para a comunicação, na qual estão

fax, telefone e *e-mail*. Esta característica é um provável reflexo da situação das empresas membro do VIRTEC quanto à questão da utilização de Sistemas de Tecnologia de Informação, a qual é apresentada em GOULART (2000), onde se pode constatar que a maioria não dispõe de sistemas para controle da produção, usa sistemas “caseiros” ou então, planilhas eletrônicas para atividades como controle de estoques, de pedidos, planejamento da produção, entre outros.

Em CAMARINHA-MATOS e CARDOSO (1999), é apresentado o modelo de busca e seleção de parceiros utilizado no PRODNET II⁵, o qual conta com duas etapas. Numa primeira etapa, os possíveis parceiros são procurados a partir dos diretórios locais de fornecedores. Se esta busca falhar ou o resultado for insatisfatório, são realizadas buscas em listas de fornecedores externas à empresa. O diretório local é mantido através do próprio Sistema de Planejamento e Controle da Produção (SPCP) e contém informações sobre empresas com as quais já teve experiências em relações comerciais. Os diretórios externos são mantidos por outras organizações, normalmente disponibilizados como serviços através de páginas na Internet e portanto, exigem ferramentas específicas para a sua utilização. No PRODNET II foi desenvolvida uma ferramenta chamada EPST (sigla para *Electronic Partners Search Tool*) que atua como um módulo separado do SPCP e permite efetuar consultas nos diretórios externos. Como os diretórios externos apresentam diferenças, foi criado um “meta-diretório” no qual constam os detalhes para cada diretório externo que se pretende consultar, analisadores (*parsers*) específicos para cada caso e ainda, a forma como os resultados serão exibidos.

Recentemente, com a disponibilização de informações através da Internet, as empresas passaram a usufruir destes diretórios externos para complementar seu universo de busca, visando com isso aumentar a qualidade do conjunto de empresas a serem escolhidas para uma certa oportunidade de negócios. No entanto, o problema dos diretórios externos está principalmente na forma em que os dados estão representados e disponibilizados como, por exemplo, recursos que possui, relações com outras empresas e fornecedores, entre outras. Não existe um padrão para isto, o que faz com que cada organização provedora destes serviços imponha a sua forma de representação. O fato de serem sistemas legados obriga os usuários a conhecerem os detalhes de cada diretório externo que pretendem consultar, saberem como os dados estão representados e organizados, conhecerem os mecanismos que possibilitam efetuar as consultas e como realizar a

⁵ O PRODNET II (<http://www.uninova.pt/~prodnet/index.html>) é um projeto que teve como objetivo planejar e desenvolver uma plataforma aberta para dar suporte a Empresas Virtuais atuando na área industrial, com foco especial para as necessidades de pequenas e médias empresas.

comunicação com aqueles diretórios. Os seguintes serviços são exemplos de ferramentas de consulta disponíveis na Internet:

- BrazilBiz (<http://www.brazilbiz.com.br>);
- Planet Business (<http://planetbiz.com>);
- GuiaNet (<http://www.guianet.pt>);
- CORDIS Partners (<http://partners-service.cordis.lu>).

Os tipos de diretórios apresentados até aqui ou são internos ou são externos à empresa, porém, há casos especiais de diretórios, chamados de Diretórios de Grupo, que servem aos propósitos de uma Organização Virtual. Dessa forma, o diretório contém informações sobre as empresas da OV, com seus dados de identificação, seus produtos principais e suas competências relevantes. Quando for necessária a formação de uma nova EV, procura-se neste diretório por possíveis membros da EV. CAMARINHA-MATOS e CARDOSO (1999) referem-se a este tipo de diretório como aberto pelo fato de permitir a inclusão de novos membros ao grupo de empresas, mas fechado, no sentido de que há um controle sobre este diretório sendo feito por um dos membros do grupo. Este diretório não é privado a uma empresa, logo, não pode ser classificado como diretório interno. Também não está aberto a qualquer empresa que tenha interesse em se registrar, desclassificando-o como diretório externo. Dessa forma, pode ser considerado interno ao grupo e externo aos membros do grupo, já que representa e pertence a todos eles.

Outra ferramenta baseada em serviços da Internet é apresentada no trabalho MEJIA e MOLINA (2002), onde uma base de dados com informações sobre várias empresas está disponível na Internet e permite que sejam realizadas consultas a partir de simples navegadores. Os dados constantes na base são alimentados diretamente dos sistemas das empresas, tendo como objetivo possuir uma visão sobre a situação atual da empresa com relação à sua capacidade de produção, sobre a utilização dos seus recursos e também, informações sobre os processos das empresas.

Os métodos anteriormente apresentados e que utilizam buscas em serviços baseados na Internet são boas fontes para descobrir empresas conforme suas competências, porém, acabam servindo apenas para este propósito, não possibilitando por exemplo, a comunicação direta com a empresa escolhida. Além disso, introduzem dificuldades para a automação da busca frente às diferenças com que são implementados, assim como na utilização dos diretórios externos.

2.4 Conclusões do capítulo

Empresas Virtuais são “organizações” caracterizadas em CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH (2002) como sendo altamente dinâmicas, pois se estabelecem e tomam forma de acordo com as necessidades e oportunidades do mercado, permanecendo operacionais enquanto durarem tais oportunidades. Estas organizações têm as seguintes vantagens:

- Agilidade: são capazes de reconhecer e rapidamente reagir a mudanças no ambiente para alcançar melhores respostas às oportunidades;
- Papéis complementares: as empresas procuram associações complementares que as possibilitem participar de oportunidades de negócios e novos mercados;
- Atingir maiores dimensões: a união dos recursos (conhecimentos, equipamentos, pessoal, entre outros) permite à organização alcançar um tamanho comparável a uma grande empresa;
- Competitividade: a divisão de tarefas entre os parceiros permite às empresas atingirem maior rentabilidade;
- Otimização de recursos: participantes de menor porte compartilham infra-estrutura, conhecimento e riscos de negócio;
- Inovação: por estar numa rede, abre oportunidades para troca e confrontação de idéias.

As características mais importantes de uma EV podem ser enunciadas como:

- cada integrante é especializado nos conhecimentos das suas competências principais, utilizando-se destes para realizar negócios;
- ao tomarem decisões, as empresas integrantes baseiam-se nas suas prioridades, porém, levam em consideração os seus parceiros;
- fazem uso de tecnologias de informação para dar suporte ao seu funcionamento, possibilitando a integração das empresas no grupo, a utilização de recursos externos às empresas, o uso de ferramentas de auxílio à cooperação, à troca de informações, entre outras atividades.

As Organizações Virtuais são compostas por empresas independentes, geograficamente distribuídas e que possuem diferentes infra-estruturas de Tecnologia de Informação (TI). Devido a

isto, sistemas com a finalidade de prover suporte à Busca e Seleção de parceiros, que sejam flexíveis, eficientes e seguros são necessários para a formação de Empresas Virtuais.

O próximo capítulo introduz os Sistemas Multiagente, dando uma maior atenção para o paradigma de Agentes Móveis, procurando apresentar as suas vantagens e desvantagens, justificando a escolha dessas abordagens no modelo de busca e seleção de parceiros proposto no Capítulo 4.

Capítulo 3

Sistemas Multiagente

3.1 Introdução

A evolução de técnicas computacionais surgidas na área da Inteligência Artificial (IA), somada com a expansão da interconexão de computadores, possibilitou a exploração de métodos poderosos de forma distribuída. Na IA começam estudos sobre grupos de processos que têm capacidade de processamento, realizam comunicação uns com os outros e tem potencial na aplicação para a resolução de problemas. É o início da tecnologia de agentes.

O crescimento das redes de computadores possibilitou atacar problemas de natureza distribuída, trabalhar com paralelismo e somar o poder computacional dos indivíduos interligados. Primeiramente, agentes são construídos visando um problema em questão, é a área de Solução Distribuída de Problemas, e em seguida começam estudos onde o foco é voltado ao agente e na sua interação com outros agentes, considerando aspectos individuais, como interesses específicos que conduzem sua ação. Esta segunda área é conhecida como Sistemas Multiagente, onde há diferentes agentes procurando interagir para atingir uma determinada meta (DURFEE e ROSENSCHEIN, 1994).

Este capítulo aborda conceitos da Inteligência Artificial Distribuída, como os Resolvedores Distribuídos de Problemas e os Sistemas Multiagente. Os conceitos de agentes, focando principalmente os agentes móveis, cujo uso é um dos objetivos deste trabalho, são apresentados, discutindo suas vantagens e desvantagens. Ainda neste capítulo, aspectos sobre a interoperabilidade entre agentes móveis e estacionários são introduzidos pelo fato de que estes representam um grande desafio para o desenvolvimento de um sistema de busca e seleção a ser aplicado em um ambiente de larga escala, como a Internet. Por último, alguns domínios de aplicações baseadas em agentes móveis são brevemente descritos.

3.2 Inteligência Artificial Distribuída

As primeiras pesquisas na área de Inteligência Artificial exploravam processos computacionais centralizados, compostos por um único centro de controle, um foco de atenção e uma base de conhecimento. Isto era devido às técnicas e tecnologias disponíveis naquela época, tanto de hardware quanto da própria IA. Esta característica começa a mudar a partir da possibilidade de processamento paralelo e/ou distribuído trazida com a evolução do hardware, dos sistemas operacionais e das redes e ainda, pelo surgimento dentro da IA, de técnicas que permitem que o processamento seja realizado de forma distribuída e paralela (ex.: Redes Neurais), e também, que o controle seja distribuído (ex.: modelo de Quadro Negro).

Assim, diversos trabalhos começaram a ser desenvolvidos com o objetivo de explorar as características dos sistemas distribuídos para a resolução de problemas, que em muitos casos, possuíam escopos não tratáveis pelas abordagens existentes.

Essa nova área de pesquisa na Inteligência Artificial recebe a denominação de Inteligência Artificial Distribuída (IAD) e, de acordo com GASSER (1991), tem interesse em métodos para analisar e desenvolver comunidades inteligentes compostas por grupos de processos que interagem, são coordenados e baseados em conhecimento. Tais comunidades são formadas por nós ou agentes com capacidade de processamento, sendo que, dado um problema, devem atuar na sua resolução.

Entre os motivos do uso de sistemas inteligentes de maneira distribuída, o principal está ligado ao domínio dos problemas onde o conhecimento ou a atividade estão naturalmente distribuídos no espaço (GASSER, 1991). Também há razões como:

- melhorias nas questões de adaptabilidade, eficiência, velocidade e confiança nos sistemas;
- facilitar o desenvolvimento e a manutenção;
- redução dos custos e limitação de recursos.

GASSER (1991) argumenta ainda que há problemas cujo tamanho ou complexidade são tão grandes, que se torna impossível resolvê-los através do uso de processos simples, fazendo da aplicação de sistemas distribuídos uma solução viável e ideal.

3.2.1 Por quê distribuir inteligência?

Uma das principais razões está no crescimento da complexidade dos sistemas computacionais como, por exemplo, aplicações industriais de larga escala, nas quais há a

necessidade por um grande número de subsistemas, das mais divergentes naturezas, com várias funcionalidades e normalmente distribuídos espacialmente. A necessidade de distribuir atividades e inteligência pode ser explicada pelas seguintes razões (FERBER, 1999):

- Problemas são fisicamente distribuídos;
- Problemas são amplamente distribuídos e heterogêneos em termos funcionais: Aplicações que requerem a intervenção de vários especialistas, onde não há alguém com entendimento ou qualificação suficiente, para construir um sistema por si próprio;
- Redes forçam a assumir uma visão distribuída: a interconexão está atingindo um nível cuja dimensão provoca a mudança da visão sobre os sistemas, os quais deveriam ser considerados como sistemas abertos, preocupando-se fundamentalmente com sua interoperabilidade;
- A complexidade dos problemas exige um ponto de vista local: quando há problemas muito abrangentes para serem analisados como um todo, as soluções baseadas em abordagens locais permitem que sejam resolvidos mais rapidamente;
- Sistemas devem ter capacidade de adaptação a mudanças na estrutura ou no ambiente: frente à complexidade, deve-se pensar em como o sistema reage às mudanças no contexto das suas operações, como alterações no Sistema Operacional (SO) ou de interfaces gráficas, e ainda, sobre sua capacidade de evolução, como funcionalidades adicionais ou integração com outros tipos de software.

Na IAD há dois enfoques principais: a Solução Distribuída de Problemas (SDP) e os Sistemas Multiagente (SMA), os quais têm diferentes ênfases para atacar a solução de problemas. SDP e SMA serão detalhados nas seções 3.3 e 3.4, respectivamente.

3.3 Solução Distribuída de Problemas

Os Resolvedores Distribuídos de Problemas (DURFEE e ROSENSCHEIN, 1994) estão nas raízes da IAD, onde se procurava construir sistemas distribuídos para a resolução de problemas. Estes sistemas aproveitam a robustez proporcionada por várias fontes de conhecimento e suas múltiplas habilidades para atacar tarefas que em sua maioria são de natureza distribuída, como por exemplo, controle de tráfego aéreo, problemas que envolvem sensoria mento ou atuação distribuída, decomposição e atribuição de tarefas em uma rede de computadores, entre outros.

SMITH e DAVIS (1988) definem a Solução Distribuída de Problemas (do inglês *Distributed Problem Solving*) como a solução cooperativa de problemas sendo realizada por um grupo de fontes de conhecimento (*knowledge sources*), que estão descentralizadas e com fraco acoplamento, localizadas em vários nós processadores. Tais fontes são descentralizadas porque controle e dados estão distribuídos geograficamente e, ainda, as fontes são fracamente acopladas porque realizam pouca comunicação entre si, consumindo a maior parte do tempo em computações.

Nestes trabalhos, a ênfase sempre é dada ao *problema* e em como fazer com que vários agentes possam trabalhar em conjunto para resolvê-lo de uma maneira coerente, robusta e eficiente. Assume-se que os agentes serão capazes de cooperar, dividir tarefas e comunicar-se de forma leal. Outra concepção assumida em SDP (ROSENSCHEIN e ZLOTKIN, 1997) é que há uma pessoa que determina, em tempo de projeto, as preferências de todos os agentes no sistema, ou seja, um único desenvolvedor influencia o comportamento de todos os agentes para que alcancem a resolução do problema.

3.4 Sistemas Multiagente

Uma outra situação é quando se têm vários agentes que não foram desenvolvidos por um único projetista atuando no mesmo sistema. Nesta nova abordagem fica muito difícil garantir as propriedades para cooperação, pois os agentes estariam atuando mais no interesse de seus desenvolvedores que do grupo. Este é o interesse da segunda área abrangida pela IAD, os Sistemas Multiagente ou SMAs. Agora a questão principal é como agentes, com preferências individuais, irão interagir e então atuar em comum acordo, de forma a alcançar propriedades globais desejadas.

Em SMAs, o foco passa a ser o *agente*, dando especial atenção em como tornar significativa a interação entre os vários agentes (DURFEE e ROSENSCHEIN, 1994). Adotando conceitos originados na Teoria dos Jogos e em ciências sociais, SMAs passam a ver o agente como um indivíduo racional, o qual não importa o que estiver fazendo, deve trabalhar visando maximizar seus ganhos.

De acordo com SYCARA (1998), a pesquisa em Sistemas Multiagente (SMA) está voltada ao estudo, o comportamento e a construção de um conjunto de agentes autônomos que apresentem interação com os outros agentes e com o ambiente. Tais estudos consideram que a resolução de um problema envolve questões de sociabilidade entre os agentes e não apenas a inteligência individual de cada elemento. Conforme a autora, um SMA possui as seguintes características:

- cada agente tem informação incompleta ou capacidades limitadas para resolver o problema, e assim, tem uma visão limitada;
- não há controle global do sistema;
- dados estão descentralizados;
- a computação é assíncrona.

SYCARA (1998) ainda apresenta algumas justificativas para o interesse crescente em SMA:

1. resolver problemas de grandes proporções e que não são tratáveis por um único agente, devido a limitações de recursos ou ao risco de possuir um sistema centralizado, que poderá vir a ser um gargalo para o desempenho;
2. permitir a interoperação de diferentes sistemas legados, através da implantação de uma espécie de adaptador para agentes junto do software legado;
3. prover soluções que usam eficientemente fontes de informação espacialmente distribuídas, como busca de informações na Internet;
4. prover soluções para situações onde o conhecimento está distribuído.

3.5 Agentes

A definição do termo agente não é uma tarefa simples, não pela falta de definições (que inclusive são muitas), mas pela falta de uma definição universal ou comum às pesquisas e trabalhos da área. Há uma boa quantidade de definições publicadas, porém, o que acontece frequentemente é que essas definições refletem as características das aplicações ou pesquisas nas quais os autores estão envolvidos, ou ainda, refletem exemplos de agentes que estes autores têm em mente. Isto acaba por criar conceitos muito particulares, contribuindo de forma negativa para estabelecer um consenso para o termo agente.

Em JENNINGS et al. (1998) essa falta de um termo comum não é vista como um problema grave, principalmente porque muitas aplicações bem sucedidas já foram realizadas, porém, chama a atenção para o fato de que sem uma discussão, o termo *agente* começa a ganhar inúmeras interpretações, acabando por descaracterizá-lo e provocando a perda do seu real sentido.

Algumas definições:

“Um agente é qualquer coisa que percebe seu ambiente através de sensores e age sobre este ambiente através de atuadores.” (RUSSELL e NORVIG, 1995)

“Agentes são componentes (software) ativos, persistentes, que têm percepção, raciocinam, agem e comunicam-se.” (HUHNS e SINGH, 1998)

“Um agente é um sistema computacional situado em algum ambiente, capaz de realizar ações autônomas flexíveis para alcançar os objetivos do seu projeto.” (JENNINGS et al., 1998)

“Um agente é uma entidade física ou virtual:

- a) que é capaz de atuar em um ambiente ;
- b) que pode comunicar-se com outros agentes;
- c) que é guiado por um conjunto de tendências (na forma de objetivos individuais ou de uma função de satisfação/sobrevivência que tenta otimizar);
- d) que possui recursos próprios;
- e) que é capaz de perceber o ambiente (numa medida limitada);
- f) que possui uma representação parcial do ambiente;
- g) que possui habilidades e pode oferecer serviços;
- h) cujo comportamento tende em direção à satisfação dos seus objetivos, levando em conta os recursos e habilidades disponíveis a ele e dependendo da sua percepção, das suas representações e das comunicações que recebe.” (FERBER, 1999).

FERBER (1999) apresenta as seguintes considerações sobre sua definição: Uma entidade física é alguma coisa que age no mundo real, por exemplo: um robô. Já uma entidade virtual é algo que não tem existência física, como é um software. A capacidade de atuação refere-se à capacidade que o agente possui de alterar o ambiente onde está inserido através de uma ação. A comunicação entre agentes é uma das formas principais de interação. A autonomia lhe confere liberdade para aceitar ou não, requisições vindas de outros agentes, também significando que não sofre comando direto por parte de um usuário. O que governa as ações do agente é o conjunto de tendências, que

podem ser objetivos a serem cumpridos ou alguma função a ser maximizada. Os recursos são necessários para a sua atuação, os quais podem ser: o processador, espaço de memória, acesso a algumas fontes de informação, entre outros. A representação parcial do ambiente não permite uma visão global do que está ocorrendo.

3.5.1 Tipos de Agente

Agente Cognitivo

Este tipo de agente surgiu de uma linha de pesquisa ligada mais diretamente à IA Distribuída, com seu foco voltado para comunicação e cooperação associados com Sistemas Especialistas (FERBER, 1999).

Nesta linha, os Sistemas Multiagente são formados por um pequeno número de agentes ditos inteligentes. Cada um desses agentes possui uma base de conhecimento, que compreende dados e experiência (*know-how*) necessários para realizar sua tarefa e para tratar das interações com outros agentes e o ambiente. Cada agente possui uma representação do meio onde está inserido, incluindo os agentes que ali estão. Esta representação interna aliada a mecanismos de inferência, dá aos agentes cognitivos a capacidade para trabalhar com problemas complexos, de uma maneira relativamente independente dos demais agentes.

Agente Reativo

Outra linha de pesquisa diz que não é necessário que agentes sejam indivíduos inteligentes para que o sistema como um todo apresente um comportamento inteligente.

Neste tipo de agente, há mecanismos de motivação que os conduzem para a realização das suas tarefas. Tais mecanismos podem ser a satisfação de uma necessidade própria ou então alcançar um objetivo definido pelo projetista. Também podem ser construídos de maneira que respondam apenas a estímulos do ambiente, assim, seu comportamento é ditado pelo estado local do meio onde está inserido. Ou seja, a ação de agentes reativos pode ser determinada por motivações internas ou então por fatores externos.

Diferenças entre agentes reativos e cognitivos

Agentes reativos não têm sofisticação na sua estrutura como os agentes cognitivos, pois não possuem nenhuma forma de representação do conhecimento ou do ambiente, nem mecanismos de raciocínio. Esta estrutura mais simples não dá capacidade para que um agente reativo possa resolver problemas de maneira individual. O poder destes agentes está na sua capacidade de formar

grupos, cuja evolução e adaptação ao meio vêm a partir da interação entre os membros. Como os indivíduos não são sofisticados, acabam se unindo em uma grande quantidade e assim podem tratar de um problema complexo.

A distinção essencial entre agente cognitivo e reativo, apontada por FERBER (1999), é a capacidade de se antecipar e estar preparado para eventos futuros. O fato de possuir uma representação do meio (mundo) e um mecanismo de raciocínio, permite a um agente cognitivo fazer observações sobre as alterações do ambiente, analisá-las relacionando-as com suas ações, de modo a estabelecer uma conduta para possíveis ações, formando assim um planejamento do seu comportamento.

Agentes reativos não possuem qualquer tipo de representação, não sendo capazes de fazer qualquer tipo de planejamento de ações.

Mesmo estando em pontos opostos, não significa que há uma linha que divida exatamente os agentes em cognitivos e reativos. Como destacado por FERBER (1999), há uma continuidade entre estes dois pontos, com muitas possibilidades a serem exploradas, principalmente na junção das características dos dois tipos de agentes num único, como um agente cognitivo e reativo ao mesmo tempo, ou mesmo arquiteturas de SMA onde hajam esses dois tipos de agentes.

Agentes Estacionários *versus* Agentes Móveis

Outra classificação dada aos agentes está relacionada com a sua capacidade de mobilidade.

Agentes Estacionários são agentes que uma vez lançados no ambiente computacional, permanecem neste ambiente até o momento em que são encerrados. “Um agente estacionário executa somente no sistema onde iniciou sua execução. Se necessitar de informação que não está naquele sistema, ou precisar interagir com outro agente em um sistema diferente, tipicamente utiliza mecanismo de comunicação tal como o RPC (*Remote Procedure Call*)” (LANGE, 1998). Normalmente um agente estacionário tem mais autoridade no acesso aos recursos do sistema, que um agente móvel, pelo fato de executar no sistema onde foi lançado.

Já os Agentes Móveis têm a capacidade de mudar de ambiente computacional, levando consigo seu código e seus estados internos. Sua migração é feita através da infra-estrutura de rede.

3.6 Introdução aos Agentes Móveis

A interconexão de computadores certamente tem seu melhor exemplo na Internet, cujo crescimento demonstra a importância que foi e está sendo dada para tecnologias e aplicações baseadas em redes. A disponibilidade de aplicações e sistemas distribuídos acessíveis às pessoas em geral, como a Internet, tem despertado o interesse de usuários e do mercado, motivando o desenvolvimento de novas aplicações, que por sua vez dependem de técnicas, linguagens e paradigmas que ofereçam suporte para sistemas distribuídos. Um paradigma que tem recebido grande destaque e interesse em pesquisas é o de agentes móveis.

Nesta seção será feita uma introdução sobre mobilidade de código, tendo como enfoque principal o paradigma de Agentes Móveis, sobre o qual serão apresentados os conceitos fundamentais, aspectos positivos e negativos e os domínios de aplicações onde é grande o potencial para o uso dos agentes móveis.

3.6.1 Mobilidade de Código

De acordo com PICCO (1998), a idéia de mobilidade de código não é recente, porém, um maior interesse e uma abordagem mais estruturada têm sido dadas no campo de sistemas operacionais distribuídos. Neste contexto, o principal problema é dar suporte à migração de processos ativos e objetos (juntamente com seu estado e seu código) no nível do sistema operacional.

A mobilidade de código surgiu da experiência obtida com duas outras abordagens chamadas de Migração de Processos e Migração de Objetos. A primeira delas é caracterizada por mover um processo⁶ do sistema operacional (SO) de uma máquina para outra. Já a migração de objetos é realizada no âmbito do processo, ou seja, possui uma granularidade mais fina, compreendendo desde pequenas estruturas de dados até objetos complexos.

Em sistemas que não apresentam propriedades de mobilidade de código (sistemas tradicionais), cada unidade de execução⁷ está confinada a um único ambiente computacional

⁶ Um processo é basicamente um programa em execução, sendo constituído do código executável, dos dados referentes ao código, da pilha de execução, do valor do contador de programa (registrador PC), do valor do apontador de pilha (registrador SP), dos valores dos demais registradores do hardware, além de um conjunto de outras informações necessárias à execução do programa. (TANENBAUM, 1995)

⁷ Unidades de Execução são fluxos seqüenciais de computação, como *threads* simples ou *threads* individuais de um processo *multi-thread*. (PICCO, 1998)

durante todo seu tempo de vida. Já num sistema com mobilidade de código, uma unidade de execução não fica limitada ao ambiente onde foi lançada, sendo possível transferir, entre ambientes, os seus segmento de código, estado de execução e o espaço de dados.

A mobilidade de código é provida basicamente de duas formas:

- **Mobilidade Forte:** é a habilidade de transferir tanto o código, quanto o estado de execução de uma unidade de execução, para um ambiente computacional diferente;
- **Mobilidade Fraca:** é a habilidade de transferir o código entre diferentes ambientes computacionais, porém, não há como transferir o estado de execução, somente alguns dados de inicialização.

3.6.2 Paradigmas de Projeto de Software

As abordagens tradicionais para projetos de software não são suficientes para projetar aplicações de sistemas distribuídos de larga escala que exploram a mobilidade de código e a reconfiguração dinâmica de componentes de software. Para estes casos há conceitos que devem ser considerados já na fase do projeto, como por exemplo, localização, distribuição e a migração de componentes entre diferentes locais (PICCO, 1998).

Antes de apresentar os paradigmas de projeto, três conceitos devem ser introduzidos, os quais são: componentes, interação e sítios.

Componentes são as partes de uma arquitetura de software e podem ser divididos em:

- a) componentes de código: encapsulam o conhecimento para realizar uma computação particular, o chamado *know-how*;
- b) componentes de recursos: representam dados ou dispositivos usados durante uma computação;
- c) componentes computacionais: executores ativos que são capazes de realizar uma computação, como especificado pelo *know-how*.

Interações são eventos que envolvem dois ou mais componentes, como por exemplo, a troca de uma mensagem entre dois componentes computacionais. O conceito de sítio representa a noção de localização. Sítios hospedam componentes e dão suporte à execução de componentes computacionais. E ainda, somente ocorrerá um processamento (computação) quando estiverem no

mesmo sítio: o código que descreve o processamento, os recursos a serem utilizados e os componentes computacionais que são responsáveis pela execução.

Em PICCO (1998) e CUGOLA et al. (1997) são descritos os paradigmas de projeto conforme os padrões de interação que definem a transferência de componentes e a coordenação entre componentes necessários na realização de um serviço, apresentando os três principais paradigmas existentes que exploram a mobilidade de código: Execução Remota, Código sob Demanda e Agentes Móveis, em comparação ao paradigma Cliente-Servidor:

- **Cliente-Servidor:** é um paradigma bastante comum e difundido, onde um componente computacional desempenha o papel de servidor ao receber solicitações de serviços da parte de outro componente, o qual é chamado de cliente. O servidor oferece um conjunto de serviços, pois possui os recursos e conhecimento necessários para o provimento. A requisição do serviço é feita através de uma interação entre os componentes e, geralmente, o serviço produz algum tipo de resultado que será devolvido através de outra interação;
- **Execução Remota** (*Remote Evaluation*): segundo esta abordagem, qualquer componente de uma aplicação de código móvel pode requisitar serviços providos por outros componentes, os quais estão distribuídos pelos nós da rede, passando dados de entrada e também o código necessário para a execução do serviço. Após a execução, os resultados são entregues ao componente requisitante;
- **Código sob Demanda:** nesta abordagem, o código que descreve o comportamento de um componente de uma aplicação, pode ser mudado com o passar do tempo. Se um componente precisa realizar uma tarefa para a qual não possui o código necessário, pode solicitar que outro componente forneça tal código. Após recebê-lo, pode executar a tarefa a partir dos seus próprios recursos;
- **Agentes Móveis:** neste paradigma não há necessariamente a interação entre dois componentes. Aqui, um componente detém o código e recursos para a realização de uma tarefa e, caso necessite de recursos extras, pode deixar o local onde se encontra e migrar até outro local que disponha dos recursos necessários, porém, leva consigo seu código, estado e recursos que podem ser movidos. Quando chega ao local destino, continua a realização da tarefa do ponto onde parou e conseguindo sua conclusão com a utilização dos recursos locais. Assim, em agentes móveis o foco está na transferência de código, estado e recursos possíveis de serem movidos, enquanto nas abordagens de

execução remota e código sob demanda o foco está na transferência de código entre componentes.

Na literatura são encontradas definições de agentes móveis como as seguintes:

“Um agente móvel é um programa em execução que pode migrar, às vezes por escolha própria, de máquina para máquina em uma rede heterogênea.” Em cada máquina o agente pode realizar interação com agentes ou com outros recursos para executar sua tarefa. (GRAY et al., 2000);

“Um agente móvel não está limitado ao sistema onde inicia sua execução. Tem a habilidade única de transportar-se de um sistema para outro numa rede. A habilidade de viajar permite ao agente móvel mudar-se para um sistema que contém um objeto com o qual o agente quer interagir, e então tirar vantagem de estar na mesma máquina ou rede que o objeto.” (LANGE, 1998);

A seguir, são apresentados alguns conceitos básicos sobre agentes móveis e seus ambientes de execução, definidos no modelo conceitual da OMG (*Object Management Group*).

3.6.3 O Modelo Conceitual Comum da OMG

A OMG (OMG, 2003) é um consórcio internacional de software, sem fins lucrativos, que está regulamentando padrões na área de computação de objetos distribuídos. Entre seus objetivos estão o estabelecimento de linhas guia para a indústria e de especificações de gerenciamento de objetos para prover um arcabouço comum para o desenvolvimento de aplicações. Seu objetivo é estimular o crescimento da tecnologia de objetos, principalmente quanto à reutilização, portabilidade e interoperabilidade de softwares baseados em objetos, em ambientes distribuídos e heterogêneos. Alguns dos padrões já estabelecidos são: CORBA, UML e o IIOP.

Como a interoperabilidade entre vários sistemas de agentes é uma questão importante para a aplicação desta tecnologia, a OMG criou a especificação MAF (OMG, 2000) (do inglês *Mobile Agents Facility*). Esta especificação trata da interoperabilidade entre sistemas de agentes escritos na mesma linguagem, mas potencialmente criados por diferentes fornecedores e em diferentes sistemas. Assim, MAF é uma coleção de definições e interfaces que determinam uma interface interoperável para sistemas de agentes móveis. No documento publicado em 2000 é apresentado um modelo conceitual comum, o qual será utilizado para definir os conceitos principais do paradigma de agentes móveis.

Estado do agente

Quando um agente móvel viaja, carrega junto seu estado e seu código. Neste contexto, o estado do agente pode ser seu estado de execução ou pode ser os valores dos atributos do agente, os quais determinam o que fazer quando a execução for retomada no sistema de agentes de destino. Entre os valores de atributos, estão dados associados a ele no sistema de agentes, como por exemplo, seu tempo de vida. O estado de execução de um agente é seu estado em tempo de execução, incluindo o contador do programa e as pilhas.

Autoridade do Agente

Uma autoridade de agente identifica a pessoa ou organização para quem o agente atua.

Nome de agente

Agentes exigem nomes para que possam ser identificados em operações de gerenciamento e que possam ser localizados via um serviço de nomes.

Localização do agente

A localização de um agente é o endereço de um lugar. Deve conter o nome do sistema de agentes onde reside e um nome de lugar.

Lugar

Lugar é o ambiente de execução onde está um agente, assim, quando um agente móvel migra, vai em direção a outro ambiente de execução. O lugar fonte e o lugar destino podem estar localizados no mesmo sistema de agentes ou em diferentes sistemas de agentes, desde que suportem o mesmo tipo de agente. Um lugar também é chamado de contexto e pode prover funções, como por exemplo, controle de acesso. A um lugar está associada uma localização, a qual consiste do nome do lugar e do endereço do sistema de agentes dentro do qual este lugar reside. Um sistema de agentes pode conter um ou mais lugares, e um lugar pode conter um ou mais agentes.

Sistema de agentes

Um sistema de agentes é uma plataforma que pode criar, interpretar, executar, transferir e encerrar agentes. Sua identificação é dada por um nome e um endereço. Da mesma forma que um agente, um sistema de agentes possui uma autoridade. Um sítio (*host*) pode conter um ou mais

sistemas de agentes. O Sistema de agentes possui um tipo, com a finalidade de determinar quais os tipos de agentes que suporta. Por exemplo, o tipo *Aglet* (AGLETS, 2002) indica que o sistema de agentes é implementado pela IBM e suporta agentes com o perfil daquela plataforma, como linguagem Java, uso de itinerário nas suas viagens e modelo Java de serialização de objetos.

Regiões

Uma região é um conjunto de sistemas de agentes que têm a mesma autoridade, mas que não são necessariamente do mesmo tipo. O conceito de região permite que mais de um sistema de agentes representem a mesma pessoa ou organização. Uma região fornece um nível de abstração para a comunicação com clientes de outras regiões; por exemplo, se um agente de uma região não tem noção da localização de um agente que deseja contatar noutra região, pode realizar esta comunicação se possuir o endereço da região e o nome do agente ou do lugar.

3.7 Vantagens dos Agentes Móveis

LANGE (1998) apresenta sete razões ou benefícios do uso da tecnologia de agentes móveis para a implementação de sistemas distribuídos:

Redução da carga na rede: a vantagem de mover o código a ser executado permite realizar ações localmente, evitando que grandes quantidades de dados não processados sejam movidos da sua origem para locais onde seriam trabalhados. Após a computação, os resultados podem ser levados para o destino. Além da própria ação, as interações necessárias podem ser feitas de forma local, diminuindo a quantidade de mensagens que trafegam na rede;

Diminuição da latência da rede: para aplicações que exigem respostas em tempos predeterminados, como as de tempo real, os agentes móveis são uma boa alternativa para diminuir problemas de atrasos provocados pela rede de comunicação, pois podem ser lançados de um controlador central e atuar de forma local, executando diretamente as instruções de controle;

Encapsular protocolos: num ambiente distribuído, os vários locais podem ter diferentes codificações para os protocolos de troca de dados. Quando introduz-se novos serviços nos protocolos, a mudança destas codificações além de ser uma tarefa complicada, acaba transformando protocolos num problema legado. Os agentes móveis são capazes de se mover até locais (máquinas) remotos e criar canais baseados em protocolos proprietários;

Executar de forma assíncrona e autônoma: um agente móvel pode transportar tarefas e uma vez que é enviado, torna-se independente do processo que o criou, podendo operar de maneira assíncrona e autônoma em relação àquele processo. Esta característica é muito importante para aplicações em dispositivos móveis, já que estes não podem contar com conexões de rede confiáveis. Uma vez transferido para o dispositivo móvel, o agente pode realizar a tarefa sem necessitar ser monitorado constantemente por seu criador, retornando à sua origem quando finalizar sua função e a conexão for restabelecida;

Adaptação dinâmica: os agentes móveis podem distribuir-se entre os locais da rede de forma a manter uma configuração ótima para a resolução de um dado problema, realizando uma espécie de balanceamento de carga quando percebem que o ambiente de execução torna-se sobrecarregado. Conforme GRAY et al. (2000), o balanceamento de carga pode ser de dois tipos: **estático** e **dinâmico**. Estático é baseado em análises provisórias e uma vez que o trabalho é alocado, permanece naquele processador até sua conclusão. O balanceamento é dinâmico se a carga de trabalho é relocada durante a execução. Os agentes móveis permitem que seja implantado o balanceamento dinâmico, onde processos de execução implementados como agentes móveis, podem migrar para qualquer sítio que ofereça suporte a agentes dentro do sistema distribuído;

Naturalmente heterogêneos: por serem independentes de plataformas de computador e dependentes apenas do seu ambiente de execução, agentes móveis fornecem condições para a integração consistente de sistemas;

São robustos e tolerantes a falhas: pela capacidade de reação dinâmica em situações adversas, facilitam a construção de sistemas distribuídos robustos e tolerantes a falhas.

Em VIEIRA (2000) e GRAY et al. (2000), também são citadas vantagens de:

Independência das características dos canais de comunicação: agentes móveis permitem níveis elevados de independência em relação às características dos canais de comunicação, tais como atrasos, intermitência da conexão e falhas, pois uma vez transferidos para os locais de processamento, os agentes realizam suas tarefas de forma quase independente dos canais de comunicação. Esta característica está fortemente ligada com a execução assíncrona e autônoma, porém, refere-se a garantir a realização das tarefas sem necessitar de garantias de qualidade da comunicação;

Facilita a evolução dos sistemas: os agentes móveis facilitam a inclusão e alteração de funcionalidades ao sistema, por exemplo, um cliente deseja realizar uma operação que não está

disponibilizada pelo servidor, assim, o cliente pode implementar um agente móvel com esta funcionalidade e enviá-lo ao servidor para que a operação seja realizada sobre os recursos do servidor, retornando apenas o resultado final. Esta característica é chamada de Implantação Dinâmica (*Dynamic Deployment*) (GRAY et al., 2000), onde uma aplicação instala dinamicamente um componente de software em alguma máquina remota e então efetua requisições àquele componente como se já fizesse parte dos serviços pré-instalados da máquina remota. Agentes móveis dão suporte à forma mais geral de implantação dinâmica, onde uma aplicação pode distribuir seus componentes para sítios arbitrários, mesmo estando em execução, e aqueles componentes podem mover-se de acordo com a sua vontade até outros sítios, conforme as condições mudam.

3.8 Desvantagens dos Agentes Móveis

A necessidade de ambientes próprios para a execução (plataformas de agentes) de agentes móveis, limita a mobilidade de um determinado agente aos locais que possuem a infra-estrutura apropriada a ele.

Além disto, o fato de existirem diversos tipos de ambientes para agentes móveis, representa outro problema a ser tratado, que é a interoperabilidade de agentes diferentes entre si e, de agentes e sistemas de agentes diferentes. Isto implica em dificuldades principalmente na comunicação a ser estabelecida entre estes elementos.

Um problema relacionado ao desenvolvimento de ambientes de execução é a diversidade de plataformas computacionais onde sistemas de agentes móveis têm aplicação, como por exemplo, PDAs, *Handhelds* ou até mesmo telefones celulares, de forma que a execução dos agentes móveis não deve ser afetada por características particulares a estas plataformas.

Em se tratando do sistema de agentes como um todo, o desempenho pode ser prejudicado por plataformas com velocidade inferior às demais, assim, a execução dos agentes em máquinas lentas ou sobrecarregadas, pode causar diferenças nos tempos de resposta, retardando a ação dos demais agentes. Porém, este não é um problema dos agentes móveis e sim da infra-estrutura onde estes estão executando.

De acordo com KARNIK (1998), o uso de agentes móveis aumenta os problemas ligados à segurança de aplicações em rede. Uma vez que há vários sítios envolvidos, onde cada um deve prover meios para a execução de agentes móveis, existem riscos para as duas partes envolvidas: o agente e o sítio (plataforma de agentes).

A próxima seção apresenta mais detalhes sobre os riscos à segurança em sistemas de agentes móveis.

3.8.1 Ameaças de Segurança em Sistemas de Agentes Móveis

Mesmo possuindo muitas vantagens (seção 3.7), a ampla adoção do paradigma de agentes móveis tem um grande obstáculo na preocupação com a segurança. Apesar de existirem mecanismos para minimizar os riscos desta tecnologia, não há uma proteção eficiente contra todas as ameaças existentes. Além disso, tais mecanismos podem introduzir restrições de desempenho que, muitas vezes, anulam as vantagens do uso de agentes móveis em determinadas aplicações (JANSEN e KARYGIANNIS, 2000).

Agentes móveis, quando utilizados em sistemas abertos como a Internet, possuem os mesmos riscos que são oferecidos por qualquer código possível de ser transferido até um local da rede e então executado. Porém, pelo fato de um agente móvel ser composto por código e dados (estado), corre o risco de ter seu conteúdo violado, ou seja, passa a ser o alvo de ataques provenientes de plataformas ou de outros agentes.

As ameaças de ataques às quais estão sujeitos tanto a plataforma, quanto o agente, são apresentadas em JANSEN e KARYGIANNIS (2000) e WANGHAM (2002) como sendo:

Quando uma plataforma de agentes é o alvo de ataques, as ameaças são do tipo: **mascamamento**: um agente se apresenta como sendo um agente autorizado, objetivando utilizar recursos e serviços aos quais não possui direito; **negação de serviço**: neste ataque, agentes consomem quantidades excessivas de recursos da plataforma de agentes (por exemplo: processador e memória), causando a interrupção destes serviços; **acesso não autorizado**: quando um agente consegue acessar dados, podendo ler e escrever sem ter permissão para tal.

Por outro lado, as plataformas de agentes oferecem as seguintes ameaças aos agentes móveis: **mascamamento**: nesta situação a plataforma se passa por outra, levando o agente a acreditar que está num local seguro para a sua execução. Assim, a plataforma pode danificar o agente; **negação de serviço**: quando uma plataforma de agentes mal intencionada, ignora as requisições por serviços feitas pelo agente, apresenta atrasos inaceitáveis em tarefas críticas, não executa o código do agente ou até mesmo elimina o agente sem qualquer tipo de notificação; **eavesdropping** (escuta): este tipo de ataque envolve o monitoramento e a interceptação de comunicações secretas, porém, como os agentes móveis são executados nas plataformas, dados não cifrados e toda instrução executada, incluindo seus resultados gerados, também são passíveis de

serem monitorados pela plataforma; **acesso não autorizado**: quando uma plataforma modifica o agente ao alterar seu código, seus dados ou seu estado.

Agentes também sofrem ameaças de outros agentes através de mascaramento, negação de serviço, acesso não autorizado e ainda, **repudição**, que é quando um agente nega atos que realizou anteriormente, como comunicações ou transações, causando problemas na resolução de disputas.

Devido às características do paradigma de agentes móveis e às ameaças as quais estão expostos, os mecanismos de segurança são voltados para a proteção do suporte de comunicação, da plataforma de agentes e dos próprios agentes (WANGHAM e FRAGA, 2003).

A maioria das questões ligadas à segurança podem ser tratadas através de esquemas de autorização que aplicam controles criptográficos, determinando quais são as operações que um indivíduo pode realizar com base na sua identidade, a qual é determinada por um processo de autenticação.

A proposta de VITEK et al. (1997) é colocar mecanismos de proteção nas fronteiras de todos os componentes de uma arquitetura de agentes móveis (o sítio, o ambiente computacional, o sistema de agentes móveis e a rede que interliga os ambientes computacionais), objetivando controlar e regulamentar suas interações. Esses mecanismos devem assegurar que:

- a plataforma de agentes seja protegida de computações maliciosas e vice-versa;
- os agentes sejam autenticados e possuam direitos de acesso;
- o acesso aos recursos locais sejam controlados, para a proteção dos sítios;
- a comunicação entre as plataformas de agentes sejam protegidas, garantindo a integridade e a confidencialidade do estado e do código do agente;
- os agentes se protejam uns dos outros, para prevenir que um agente obtenha acesso a informações privilegiadas.

3.9 O Problema da Interoperabilidade

O trabalho de LABROU et al. (1999) apresenta o problema da interoperabilidade no mundo dos agentes, abordando aspectos relacionados à ampla comunidade dos agentes e da comunidade dos agentes móveis. Essa divisão de comunidades é baseada nos trabalhos que vêm sendo feitos, onde de um lado encontra-se a área da computação distribuída que levou os agentes móveis a

seguirem o conceito de objetos móveis, resultando em problemas de migração de processos e do outro lado está uma grande parte dos trabalhos de agentes com suas raízes na Inteligência Artificial.

Conforme os autores, essas duas comunidades enxergam o problema da interoperabilidade através de diferentes perspectivas. Enquanto para os agentes móveis o foco do trabalho é dado ao ambiente de execução e na padronização de alguns dos seus aspectos e características, no mundo dos agentes (estacionários) não há a noção de ambiente de execução (contexto), e o foco é direcionado para a comunicação como meio de estabelecer a interoperabilidade; assim, a interoperabilidade está relacionada à troca eficaz do conteúdo das informações e conhecimento dos agentes.

Interoperabilidade entre Agentes Móveis

Agentes móveis residem num ambiente altamente heterogêneo, migram entre vários sítios de uma rede e executam em um ambiente apropriado (contexto). Neste ambiente, um agente móvel é capaz de realizar interações com recursos locais e outros agentes. Um problema de heterogeneidade surge pelo fato de que existem diferentes plataformas para agentes móveis.

Existem esforços para padronizar alguns aspectos relativos aos ambientes de execução, entre os quais está o MAF (ver seção 3.6.3), que busca prover interoperabilidade entre sistemas de agentes implementados na mesma linguagem e, possivelmente por diferentes desenvolvedores. A padronização MAF atinge três pontos importantes: **1)** gerenciamento de agentes: criação, desativação, encerramento, entre outros eventos; **2)** transferência de agentes: infra-estruturas comuns para permitir o livre deslocamento; e, **3)** nomes de agentes e de sistemas de agentes: uso de sintaxe e semântica padrão para a identificação de agentes.

Há algumas questões não abordadas pelo MAF, ou por estarem fora do seu escopo ou porque não estão amadurecidas o suficiente. Entre elas está a comunicação entre os agentes, a qual considera bastante discutida pelo CORBA, um padrão estabelecido pelo mesmo órgão – a OMG. Assim, a comunidade de agentes móveis vê a comunicação entre agentes como sendo, na maior parte do tempo, trocas de objetos ou de referências para objetos e requisições de serviços.

Interoperabilidade entre Agentes Inteligentes

A pesquisa em agentes deve levar em conta as seguintes realidades:

- várias linguagens, representando diferentes paradigmas de programação;
- vários sistemas operacionais e plataformas de hardware;

- agentes estão sendo escritos como aplicações autônomas e portanto, poucas suposições podem ser feitas sobre sua estrutura interna.

Para tratar destes problemas, é usada uma metodologia que busca quebrar o problema maior através de diferentes camadas (LABROU et al., 1999). Uma delas é a tradução entre linguagens na mesma família de linguagens. Outra camada preocupa-se em garantir que um mesmo conceito, objeto ou entidade tenha um significado único entre aplicações, mesmo se estas usam nomes diferentes para referenciar tais objetos, o que implica a criação de ontologias. Uma terceira camada está relacionada com a comunicação entre agentes, não com o transporte de bits e bytes entre agentes, mas com o fato que agentes devem ser capazes de expressar atitudes através da realização da comunicação. Estas atitudes são ações de consultar outros agentes, informá-los, requisitar serviços na realização de uma tarefa, encontrar agentes que possam dar auxílio, monitorar valores e objetos, entre outras. Num ambiente aberto, mecanismos de RPC não fornecem esta funcionalidade, pois os agentes fazem pedidos ao especificar estados desejados usando uma linguagem declarativa (uma Linguagem de Comunicação de Agentes) e não especificando procedimentos.

No trabalho LOSS (2003) é proposta uma forma de lidar com a interoperabilidade entre sistemas multiagente industriais através de uma arquitetura de comunicação que promove a troca de mensagens entre os sistemas e os dispositivos de chão de fábrica. Faz uso de padrões como KQML e XML para possibilitar a troca das mensagens entre dispositivos industriais e os vários sistemas de apoio à decisão, usando o protocolo padrão chamado MMS, com CORBA.

Considerações sobre a Interoperabilidade

Deixando de lado a visão de interoperabilidade para agentes móveis como sendo apenas um problema de diferentes sistemas e plataformas possíveis de serem visitadas, e procurando abordar o lado da comunicação entre estes agentes, surgem algumas questões, apontadas em LABROU et al. (1999).

A primeira delas indaga o que acontece com um agente móvel que precisa interagir com outro agente móvel que está hospedado numa plataforma diferente da sua. Neste caso, a adoção do padrão MAF pode contornar este problema. Porém, se a interação for com um agente sem as características de mobilidade, não há como o agente móvel nem mesmo migrar para o sítio onde se encontra o agente estacionário e tampouco realizar a comunicação.

Outro caso é quando um agente móvel precisa interagir com uma fonte de informação, que mesmo não sendo um agente, pode oferecer um meio de interagir com a sua informação. Neste caso, apesar de existirem diferentes tipos de fontes de informação, é necessário realizar a interação entre as partes (agentes móveis e fontes).

A interação não significa apenas a troca de mensagens, mas também a localização de fontes de informação na rede, a forma de como identificá-las e até mesmo, ser capaz de fazer uma avaliação da sua relevância com base nas suas capacidades ou seu conteúdo.

Por último, outra questão particular aos agentes móveis é o fato de carregarem um código procedimental descrevendo como lidar com as tarefas. O problema é a falta de abordagens declarativas para agentes móveis, onde o agente simplesmente especificaria a tarefa que deve ser realizada, deixando os detalhes de como fazer para quem recebe o pedido.

3.10 Outros Padrões para a Interoperabilidade aplicáveis a Agentes Móveis

3.10.1 Linguagem de Comunicação de Agentes

Para a comunidade de agentes, a interoperabilidade é normalmente vista como um problema de permitir o compartilhamento das suas fontes de conhecimento e das suas informações, o que envolve três questões:

- 1) como fazer a tradução de uma linguagem de representação de conhecimento para outra;
- 2) como manter o significado de objetos, relações e conceitos entre diferentes agentes;
- 3) como compartilhar esse conhecimento (comunicar);

Para lidar com estas questões, é sugerida uma camada de abstração que trata os agentes num nível mais alto que os detalhes da sua estrutura interna. Nessa abstração está a Linguagem de Comunicação de Agentes (LCA, do inglês *Agent Communication Language*), uma ferramenta para trabalhar com o problema da interoperabilidade na comunicação dos agentes. A preocupação é expressar uma atitude através do conteúdo de uma troca de mensagens e não a troca física através da rede.

Dessa forma, uma LCA é uma coleção de tipos de mensagens, cada uma tendo um significado reservado. Uma linguagem de comunicação tem a capacidade de diferenciar trocas de

mensagens conforme suas intenções, podendo, por exemplo, distinguir uma mensagem de consulta de outra que está emitindo uma afirmação.

As vantagens apontadas para LCAs são:

- dar suporte à interoperabilidade entre agentes estacionários e móveis, entre agentes móveis projetados para diferentes plataformas, e entre agentes móveis e fontes de informação com características de agente;
- a natureza declarativa das LCAs fornece características que facilitam a interoperabilidade, tal como abstrair alguns aspectos de mais baixo nível dos sistemas envolvidos;
- o alto nível de abstração das LCAs pode acomodar vários paradigmas.

3.10.2 KQML

A comunicação entre agentes está baseada na maneira como se dá a comunicação humana. A Teoria das Ações de Fala ou de discurso (*Speech Act Theory*) vê a comunicação humana na forma de ações, como: pedidos, sugestões, compromissos e respostas. De acordo com MENESES e SILVA (2001) o termo “*performatives*” é usado nesta teoria para definir a maneira como declarações são expressas de forma a não deixar dúvidas quanto ao seu propósito. O sentido de uma *performative* é que a ação desejada pelo remetente de uma mensagem esteja definida de maneira clara, para que não haja dúvidas do destinatário quanto ao significado desta mensagem.

Tendo como foco estas *performatives*, foi desenvolvida no âmbito de um projeto chamado de ARPA *Knowledge Sharing Effort* (NECHES, 1994) a Linguagem KQML (do inglês *Knowledge Query and Manipulation Language*), cuja tradução seria algo como Linguagem para Manipulação e Consulta de Conhecimento,

KQML tanto é um formato de mensagem, quanto um protocolo de tratamento de mensagens para dar suporte ao compartilhamento de conhecimento, em tempo de execução, entre agentes (FININ et al., 1994). É uma linguagem projetada para dar suporte às interações entre agentes de software inteligentes.

Conceitualmente, uma mensagem KQML é organizada em três partes: conteúdo, comunicação e mensagem. A parte de conteúdo é a que transporta, de fato, o conteúdo da mensagem, codificada em alguma linguagem de representação como por exemplo: representação

em texto. Como o KQML ignora a porção do conteúdo da mensagem, a camada de mensagem adiciona algumas características que descrevem o conteúdo, como a linguagem na qual está expressa a mensagem, a ontologia⁸ à qual pertence e o tipo de ação que representa. A camada de comunicação adiciona características que descrevem os parâmetros da comunicação de nível mais baixo, tais como as identidades do emissor e do receptor e, se a comunicação pretende ser síncrona ou assíncrona.

Há um conjunto de *performatives* definindo as possíveis operações que os agentes tentam realizar nas interações. Tais *performatives* compreendem uma base sobre a qual são desenvolvidos modelos de interações de alto nível como redes de contrato e negociação. Este conjunto de *performatives* não é fechado, ou seja, pode ser estendido com a inclusão de novas *performatives*, desde que os envolvidos concordem na sua interpretação. E ainda, uma aplicação não é obrigada a implementar todo o conjunto, podendo usar somente aquelas que são necessárias, porém, implementando-as conforme o padrão.

Um exemplo de mensagem KQML é dado a seguir:

```
(ask-one
  :sender emissorX
  :content "SELECT idEmpresa > FROM EmpresasBD WHERE
           Maquinas.Torno=Automático"
  :receiver Gerenciador_BD
  :reply-with empr_compativel
  :language SQL
  :ontology EV_TM)
```

Esta mensagem usa da *performative ask-one* indicando que uma consulta deverá ser feita e um resultado devolvido. Os campos apresentam o emissor da mensagem, o próprio conteúdo da mensagem, escrito na linguagem de consulta SQL, destinado ao gerenciador da base de dados, um código que deverá ser associado à resposta e a ontologia assumida na aplicação.

Como resposta, poderia ser devolvida a seguinte mensagem:

```
(reply
  :sender Gerenciador_BD
  :content "Empresa_A, Empresa_F"
```

⁸ Uma ontologia comum permite a alguém interagir com um programa baseado em conhecimento sem se preocupar com a codificação interna deste conhecimento. Uma ontologia comum define o vocabulário e conceitos, sobre os quais consultas e afirmações são trocadas entre agentes.

```
:receiver emissorX
:in-reply-to empr_compativel
:language SQL
:ontology EV_TM)
```

O significado da mensagem *reply* é que o emissor, identificado pelo parâmetro *sender*, acredita que a sentença presente em *content* é uma resposta apropriada à requisição apontada no parâmetro *in-reply-to*. O parâmetro *receiver* indica quem é o receptor desta mensagem. Já *language* especifica a linguagem de representação na qual a sentença em *content* está escrita, e *ontology* define a ontologia que está sendo referenciada.

Ask-one é uma *performative* utilizada para mensagens de consulta e *reply* é usada para respostas. Outros tipos são destinados a: mensagens básicas; relacionadas com bases de dados; difusão (*broadcast*); notificação, entre outros.

3.10.3 CORBA

CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*) (OMG, 2003) é uma especificação para arquiteturas e infra-estruturas utilizadas na comunicação entre aplicações em redes de computadores. CORBA é um *middleware* que fornece funcionalidades para a interoperabilidade e a portabilidade em aplicações distribuídas, como por exemplo, a transparência de localização e heterogeneidade de plataforma e de linguagens de programação. De uma forma simplificada podemos dizer que o CORBA permite que aplicações comuniquem-se umas com as outras não importando onde estão localizadas ou quem as projetou. Estas aplicações podem estar sendo executadas em diferentes arquiteturas de hardware (Intel, Sparc, etc) e em diferentes sistemas operacionais (Windows, GNU/Linux, Unix, Solaris, etc).

Aplicações CORBA são compostas por objetos que combinam funcionalidade (serviços) e dados, e que normalmente representam algo do mundo real. Para cada objeto é definida uma interface que será utilizada por qualquer cliente para requisitar a execução de um serviço. Os problemas de diferenças entre linguagens de programação são resolvidos através do uso de uma linguagem específica para a definição das interfaces, uma linguagem independente que pode ser mapeada para diversas outras linguagens como Java, C, C++, Lisp, entre outras.

3.11 Domínios de Aplicação para Agentes Móveis

Comércio Eletrônico

São adequados ao comércio eletrônico, pois podem oferecer acesso imediato a recursos remotos, como informação sobre valores de ações, e ainda, são capazes de realizar negociação entre si, uma vez que os agentes incorporam as intenções de seus proprietários e, assim, podem negociar em seu benefício.

Busca de informação distribuída

Uma das aplicações exemplo mais utilizadas, onde a idéia fundamental é enviar agentes até as fontes de dados remotas, onde irão manipular as informações e transportar apenas o que realmente for necessário, ao invés de mover grandes quantidades de dados até os locais onde devem sofrer processamento.

Aplicações de *Workflow* e *Groupware*

É da natureza das aplicações de *workflow* dar suporte ao fluxo de informações entre os colaboradores na produção. Nestas atividades, os agentes móveis oferecem um certo nível de autonomia para os itens sendo produzidos, onde cada item incorpora as informações necessárias ao seu percurso na organização.

Monitoração e Notificação

São classes de aplicações onde é explorada a capacidade de operação assíncrona dos agentes móveis. Um agente é capaz de monitorar uma fonte de informações sem ficar dependente do local onde é originado.

Processamento Paralelo

Dado que agentes podem ser clonados, uma potencial utilização é o processamento paralelo de tarefas. Tarefas computacionais que requerem muito poder de processamento, devem ser distribuídas entre múltiplos processadores e, uma infra-estrutura composta por sítios de agentes móveis, pode ser uma forma plausível de ter os processos distribuídos.

3.12 Trabalhos relacionados

Tomando como base as definições apresentadas, os Sistemas Multiagente trazem vantagens para aplicações distribuídas como a que está sendo explorada neste trabalho, visando contornar alguns problemas na formação de Empresas Virtuais. Nesta abordagem adotada, os agentes estão distribuídos entre os vários sistemas das empresas integrantes do grupo minimizando as diferenças causadas por seus sistemas legados e cooperando na resolução das tarefas. A seguir são apresentados trabalhos relacionados à Formação de EVs e que utilizam SMA.

HARBILAS et al. (2002) apresentam um arcabouço para empresas virtuais auxiliadas por um *Broker*. Neste arcabouço, são identificados três domínios que são correspondentes: às empresas, representando as empresas participantes; ao conhecimento, onde são armazenados e gerenciados todos os dados necessários para as atividades do *Broker* e também as informações sendo geradas durante estas atividades; e, por último, ao domínio do *Broker*, onde estão vários módulos com funcionalidades bem específicas. Estes módulos são responsáveis por algumas atividades, tais como: identificar as melhores opções de empresas frente às necessidades para uma EV; estabelecer o “consórcio” a partir desta seleção; criar um local virtual onde as empresas cooperam através dos seus agentes, entre outras. Apesar do fato de que as combinações de empresas para formar EVs podem ser feitas mais rapidamente ao serem estabelecidas por um módulo e não através de um processo de anúncio e propostas, muitas possibilidades podem estar sendo ignoradas, uma vez que não permite que as empresas escolham as tarefas para executar. Outra característica está relacionada à construção da confiança, que pode ser prejudicada pela presença de um único *Broker* no grupo.

Em RABELO et al. (2000) é apresentada uma estrutura para um sistema multiagente voltado à criação de empresas virtuais dentro de grupos de empresas (*cluster*). Na arquitetura daquele sistema há um agente *Broker*, agentes Facilitadores, agentes Empresa e um Agente Consórcio.

O *Broker* é único para todo o grupo de empresas, ou seja, ele é o representante do grupo, e é responsável por identificar oportunidades de negócio ou então, receber pedidos de clientes, assim introduzindo ONs ao grupo de empresas, sendo o coordenador global do processo de Busca e Seleção. O agente Facilitador tem a finalidade de representar um conjunto de empresas do *cluster*, de acordo com suas habilidades, assim, o *Broker* consulta previamente o agente Facilitador para saber quem são as empresas com perfil adequado à necessidade. Podem existir vários agentes

facilitadores. Os agentes Empresa representam os membros do grupo e o agente Consórcio é responsável por criar as alternativas de EVs com base nas informações prestadas pelas empresas.

Pelo fato de que os agentes não dispõem de mobilidade, todas as interações do processo de identificação de prováveis parceiros, oferta das tarefas e recebimento de propostas, são feitas através de trocas de mensagens. Para cada ON, o *Broker* designa um agente Consórcio. As alternativas de EVs geradas, são apresentadas ao *Broker* e a um grupo de responsáveis que então escolhem a melhor formação.

Visando explorar as habilidades dos agentes móveis os trabalhos de SZIRBIK et al. (2000), ROCHA e OLIVEIRA (2002) e COSTA e RABELO (2001) empregam este paradigma para prover um suporte à criação de Empresas Virtuais. Estes trabalhos são brevemente discutidos a seguir.

O protótipo descrito no trabalho SZIRBIK et al. (2000), apresenta como solução a instalação de servidores de agentes móveis, chamados de *docks*, em cada empresa envolvida, possibilitando assim a comunicação e a coordenação do sistema por meio de agentes móveis. Para poder acessar funcionalidades locais, os agentes contam com interfaces chamadas de *Service Bridges*. Neste modelo, as empresas estão ligadas à Internet estabelecendo assim um grupo chamado de MA-web. Esta proposta utiliza agentes móveis com os seguintes objetivos:

- selecionar empresas para um *Cluster*;
- rastrear e monitorar os produtos solicitados;
- oferecer suporte ao processo de negociação entre as empresas.

No processo de seleção os agentes consultam um repositório centralizado dos recursos disponíveis (*pull model*). Este repositório é continuamente atualizado por agentes móveis que visitam as empresas e relatam mudanças ocorridas. São considerados como recursos todos os componentes necessários para a fabricação de um produto e até mesmo os processos envolvidos na fabricação.

A empresa que recebe o pedido do cliente é chamada de *gate* da EV, e o agente que ali está localizado conhece quais recursos serão necessários, dirige-se a um escalonador central, informando quais os tipos de recursos que serão necessários e quais são as restrições de dependência entre eles. O escalonador usa as informações do repositório e gera uma escala para aquisição, manufatura, montagem e instalação do produto.

Após obter as informações do repositório, o *gate* envia um agente móvel para cada local onde está algum recurso necessário (fornecedor), e verifica se tal empresa compromete-se em

provê-lo e sob qual custo. Se o acordo for bem sucedido, o *gate* pode concordar com a seleção feita. Ao final das atividades dos fornecedores, os agentes móveis informam a finalização ao *gate*, o componente produzido e os agentes móveis são enviados ao *gate*.

Neste modelo, o uso de agentes móveis em substituição a agentes estacionários nas empresas visa diminuir o tráfego de mensagens na rede, ou mais especificamente, os congestionamentos ocasionados em intervalos regulares devido aos envios simultâneos de mensagens destinadas ao *gate*. Porém, este modelo usa uma abordagem centralizada e não democrática para a seleção das empresas, já que o escalonador é quem determina os fornecedores para os recursos requisitados. Além disso, esta abordagem não democrática prejudica o processo de construção de confiança.

No trabalho COSTA e RABELO (2001) é apresentado um processo semi-automático de Busca e Seleção de empresas empregando a tecnologia de agentes móveis. Neste sistema somente um *Broker* é responsável por identificar oportunidades de negócio. A introdução de agentes móveis foi feita com a finalidade de prover mais flexibilidade ao sistema e ainda, diminuir o volume de mensagens trocadas entre os elementos do grupo em cada processo de formação de uma EV. Dessa forma, para cada ON que chega ao *Broker*, é criado um agente móvel que irá visitar os demais elementos do grupo, informando as tarefas a serem realizadas e verificando quais empresas têm interesse em participar da EV. O agente Móvel tem capacidade de atuar de forma autônoma em relação ao *Broker*, fato que traz muitas vantagens ao sistema, pois, uma vez lançado, o agente móvel cumpre sua missão sem necessitar de constante monitoração do seu criador. Esta capacidade de autonomia somada a característica do agente móvel poder executar de forma local, permite diminuir o tráfego de mensagens pela rede, limitando-as ao espaço local da empresa, onde realiza interações com o agente representante.

O modelo proposto em COSTA e RABELO (2001) apresenta vantagens em relação ao trabalho de SZIRBIK et al. (2000), já que adota uma abordagem democrática, possibilitando que as empresas decidam quais tarefas irão realizar dentro de uma EV. Porém, o problema da construção da confiança permanece, visto que possui um único *Broker*.

ROCHA e OLIVEIRA (2001) apresentam o conceito de Instituição Eletrônica (do inglês *Electronic Institution*), um arcabouço baseado em agentes, que possibilita a criação de um Mercado Eletrônico (do inglês *Electronic Market*) para realizar negociações automáticas entre empresas através de uma rede de comunicação. Para isto, mecanismos adequados para a representação do conhecimento dos agentes são utilizados. Uma IE é capaz de receber agentes móveis que

representam as empresas e possui um agente especializado para negociar com estes representantes, fornecendo uma ferramenta de busca por potenciais parceiros (fornecedores).

Esta abordagem difere das duas anteriores pelo fato de que quem recebe uma oportunidade de negócio não é uma das empresas participantes da OV, mas sim a Instituição Eletrônica. Neste cenário, as empresas interessadas em participar de uma EV são representadas por agentes móveis que vão até o Mercado Eletrônico e negociam sua participação na EV. Estes agentes usam mecanismos de representação de conhecimento para possibilitar o processo de negociação automática realizado na IE. Pode-se apontar como desvantagem o fato de que todas as empresas precisam confiar na IE para a escolha dos parceiros que constituirão a EV.

Em todos os trabalhos apresentados, baseados em agentes móveis, uma infra-estrutura que garanta a segurança para os sistemas de agentes móveis não é oferecida.

3.13 Conclusões do capítulo

Este capítulo teve como objetivo esclarecer os conceitos referentes aos Sistemas Multiagente (SMA) e de Agentes Móveis, visando identificar as facilidades que estes podem trazer ao sistema proposto para a Busca e Seleção de parceiros para EVs.

Alguns problemas inerentes aos sistemas distribuídos podem ser tratados através do uso de SMA já que estes permitem resolver problemas de grande proporção ao empregar vários agentes autônomos e cooperantes, garantem a interoperação de diferentes sistemas legados e por oferecerem soluções que usam eficientemente fontes de informação espacialmente distribuídas.

Devido às características de heterogeneidade das infra-estruturas das empresas integrantes, são necessárias ferramentas que, além de cobrir tais aspectos, agilizem o processo de Busca e Seleção na fase de criação da EV. O paradigma de Agentes Móveis se mostra adequado, pois garante uma maior agilidade na apresentação das oportunidades de negócios ao grupo de empresas e uma maior eficiência na formação e análise das possíveis empresas virtuais a serem constituídas.

A interoperabilidade no mundo dos agentes foi tratada neste capítulo abordando os problemas encontrados pela comunidade dos agentes com suas raízes na Inteligência Artificial e os encontrados na comunidade dos agentes móveis, já que estas comunidades enxergam tais problemas sob diferentes perspectivas. Além disso, alguns padrões aplicáveis à arquitetura híbrida, adotada no modelo proposto, foram introduzidos.

Neste capítulo foram apresentados alguns trabalhos relacionados e constatou-se que estes possuem algumas limitações quanto ao tráfego gerado pelas comunicações (nos casos baseados em SMA); quanto ao processo de construção de confiança (uso de um único *broker*) e quanto à abordagem não democrática na escolha das tarefas que as empresas realizam.

O próximo capítulo descreve o sistema proposto para a Busca e Seleção de parceiros para a formação de EVs baseado em uma arquitetura híbrida de agentes que combina as vantagens dos SMA e dos Agentes Móveis apresentadas neste capítulo. Este sistema procura ainda oferecer uma abordagem democrática, promover o processo de construção de confiança e se preocupa com os aspectos de interoperabilidade entre os sistemas de agentes envolvidos.

Capítulo 4

Modelo Conceitual Proposto

4.1 Introdução

Este capítulo apresenta o modelo conceitual para o processo de Busca e Seleção de parceiros para a formação de uma Empresa Virtual, onde são identificados os papéis dos envolvidos e as etapas do processo que começa pelo contato inicial do cliente com alguma das empresas e termina com a definição de quais empresas constituirão a EV.

O sistema que aplica este modelo através de uma arquitetura híbrida de agentes é definido, apresentando as entidades presentes no sistema e suas responsabilidades durante todas as fases do processo de Busca e Seleção.

A abordagem que está sendo proposta neste trabalho é uma derivação dos modelos apresentados em RABELO et al. (2000) e COSTA e RABELO (2001) com a introdução de algumas características que visam dar maior flexibilidade ao processo.

4.2 Usando Agentes na Atribuição de Tarefas

A fase de formação de uma EV pode ser vista como sendo composta por duas classes de problemas. Num primeiro momento a **atribuição de tarefas**, e posteriormente a seleção, que é uma **tomada de decisão**.

A atribuição de tarefas a indivíduos (empresas) com capacidade e disponibilidade para a execução das atividades é uma situação onde um nó processador possui uma atividade a ser executada e não dispõe de condições suficientes para assumi-la, procurando então, por outros indivíduos que possam contribuir com esta execução. FERBER (1999) apresenta três modos de

atribuição distribuída de tarefas entre agentes com habilidade para realizar trabalho coletivo: a Atribuição Direta, a Atribuição por Delegação e a Atribuição através de Rede de Contrato.

Na Atribuição Direta um agente só pode delegar tarefas para agentes que conheça diretamente. Dessa forma, para atribuir uma tarefa, o agente consulta cada agente que sabe ser capaz da execução, até que algum aceite a atribuição.

Na Atribuição por Delegação, se o agente não conhece diretamente algum outro capaz de realizar a tarefa, delega a busca a outros agentes, para que estes também efetuem procurem por agentes capacitados. Estes dois tipos (Direta e por Delegação) fazem parte da forma chamada de “Rede de Relações” (do inglês *Acquaintance Network*).

O terceiro modo de atribuição é realizado através da Rede de Contrato (RdC). O protocolo de Rede de Contrato é um mecanismo para atribuição de tarefas entre vários nós processadores (ou agentes) criado por Reid G. Smith (SMITH, 1980). Este é um protocolo de alto nível destinado para a comunicação realizada entre os agentes durante o processo de distribuição de tarefas e é o modelo que será seguido neste trabalho.

O protocolo de Rede de Contrato define mensagens que representam as possíveis interações dos agentes envolvidos na execução de tarefas cooperativas. Os campos destas mensagens compreendem os tipos de informação que devem ser trocadas para efetivar as interações.

Smith define os papéis dos agentes como supervisores (*managers*) ou contratantes (*contractors*), sendo que tais papéis não são definidos *a priori*, mas designados conforme surgem tarefas para realizar, podendo inclusive haver agentes com os dois papéis ao mesmo tempo. FERBER (1999) denomina os papéis como supervisores e proponentes, e apresenta os quatro estágios do protocolo:

- 1) O primeiro estágio é o próprio pedido por propostas, onde o supervisor envia uma descrição da tarefa a ser realizada para todos aqueles que considera aptos a responder ou então, envia a todos os agentes do sistema;
- 2) Baseados nessa descrição, num segundo estágio, os proponentes preparam e submetem propostas ao supervisor;
- 3) No terceiro estágio, o supervisor recebe e avalia as propostas, e então concede o contrato para o melhor proponente;

- 4) No último estágio, o proponente que ganhou o contrato e que se torna contratante, envia uma mensagem para o supervisor, comunicando que se compromete a realizar a tarefa, ou então, que não pode cumprir o contrato, o que determina uma reavaliação das propostas e nova concessão de contrato.

Desta forma, o problema da seleção está na escolha dos elementos, tomando por base as informações que foram levantadas na etapa de anúncio e propostas.

O sistema tem como proposta auxiliar um especialista, responsável pela montagem de uma configuração de Empresa Virtual, na tarefa de procurar e apontar as melhores opções dentro de um grupo de empresas.

4.3 Considerações sobre a Organização Virtual

As empresas que pretendem formar e integrar empresas virtuais estão reunidas em um grupo chamado de Organização Virtual (OV). Esta estrutura de Organização Virtual torna possível a representação de todos os integrantes através de uma única entidade. Dessa forma, o cliente enxerga uma organização única e não tem conhecimento de quais são os componentes dessa OV. Uma OV é uma agregação estratégica, ou seja, é uma forma de cooperação entre empresas que objetiva aumentar a competitividade e a participação dos seus integrantes no mercado, porém, cada empresa continua possuindo a sua autonomia e sendo uma entidade independente das demais.

Uma Oportunidade de Negócio (ON) pode ser tanto um pedido efetuado pelo cliente, quanto uma necessidade identificada no mercado por um produto ou alguma forma de prestação de serviço, portanto pode ser trazida ao grupo através do cliente ou de algum representante da organização. Cada ON dará início a uma busca dentro do grupo para eleger quais serão os responsáveis em atender a esta solicitação.

Neste trabalho de modelagem, não está sendo levado em consideração um caso particular, mas sim uma abordagem que pode ser tomada para a resolução do problema de formação de Empresas Virtuais, sejam estas nas mais diferentes áreas de produção ou de prestação de serviços. Paralelamente à modelagem, está sendo usado um cenário real para a avaliação da aplicação desta abordagem. Na seção 5.5, são apresentados exemplos para a aplicação e políticas adotadas para um caso específico: a *TechMoldes*.

4.4 Modelo Proposto

O processo de busca e seleção é realizado em etapas ou fases, começando pelo contato inicial do cliente com algum representante das empresas e terminando na definição de quais empresas serão responsáveis pela fabricação do produto⁹ ou pela realização do serviço solicitado pelo cliente.

A primeira fase é o **Contato** entre o cliente e algum representante do grupo de empresas, onde ocorre o levantamento de aspectos referentes ao pedido do cliente, ou seja, as características do produto solicitado. Estas características servirão para informar as empresas da existência de um pedido de fabricação de produto. Esta fase é chamada de **Anúncio**. O Anúncio é realizado em dois momentos para que seja direcionado às empresas que realmente possam e queiram participar da seleção. Em seguida são emitidas as **Respostas ao Anúncio**, as quais servirão para definir a relação das empresas interessadas em participar da EV. Uma vez que se tem esta relação, parte-se para a fase de **Busca de informações** referentes àquelas empresas, informações estas que servirão de base para a seleção. Na fase de **Seleção** são identificadas as empresas com melhores condições e então, concedidas as tarefas respectivas a cada participante. Na seleção pode ser necessária a realização da **Negociação**, que é a barganha por melhores resultados em vista daqueles informados pelas empresas. Este tópico também será detalhado a seguir. Uma vez obtidas as informações prestadas pelas empresas, será feita a análise destes resultados e então, são determinadas as empresas vencedoras, realizando a **Concessão de Contrato**. Neste momento encerra-se o processo de Busca e Seleção.

A seguir, cada fase será detalhada, descrevendo quem são os elementos envolvidos e sua ação para esclarecer como ocorre todo o processo de busca e seleção e qual o resultado ao seu final.

4.4.1 Fase de Contato

Nesta fase, uma oportunidade de negócio é identificada, seja através de descoberta realizada por algum participante do grupo, seja através de solicitação efetuada por um cliente e então introduzida ao grupo. Este contato, representado pela Figura 4-1, é realizado entre o Cliente e o representante de alguma empresa membro do grupo.

⁹ Para evitar repetição de termos no decorrer deste trabalho, toda vez que estiver sendo feita referência à fabricação de produto, deve-se assumir a possibilidade de ser uma prestação de serviço. Esta observação é necessária para que não fique subentendido que este problema está ligado somente ao ramo industrial.

No caso de fabricação de um produto, o cliente deve fornecer nesta fase a descrição do produto que necessita. Para isto, o cliente detalha os requisitos do produto, fornecendo especificações, diagramas, esquemas e projetos. A partir destas informações são construídos os anúncios que indicam às empresas a existência de uma oportunidade de negócio.

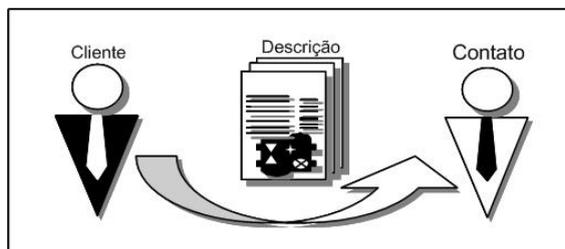


Figura 4-1 Contato Inicial

Após o contato inicial, o representante (Contato) passa a ser o responsável pelo processo de busca e seleção e passa a ser chamado de **Broker**. É importante salientar que qualquer empresa do grupo pode estabelecer contatos com clientes, trazendo oportunidades de negócios para a OV e tornar-se o *Broker* para estas ONs.

4.4.2 Fase de Anúncio

Como ilustrado na Figura 4-2, as características do produto desejado pelo cliente serão divulgadas às empresas participantes do grupo. A função do Anúncio é comunicar que há uma tarefa a ser realizada, e portanto uma EV precisa ser formada, provendo informações para que a empresa possa decidir em candidatar-se ou não.

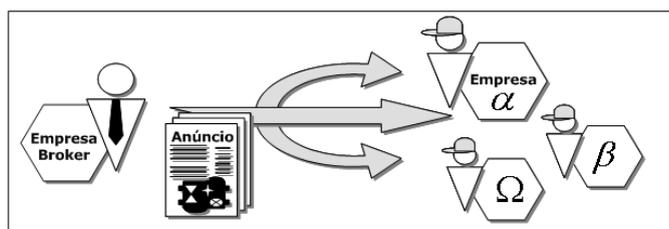


Figura 4-2 Difusão do Anúncio para as várias empresas

Pelo fato das empresas do grupo possuírem características diferentes, não há a necessidade de informar a todas a presença de uma dada ON. Deve-se então, realizar uma pré-seleção dos destinatários do anúncio. Esta pré-seleção é realizada com o auxílio do Gerenciador do Grupo através de uma requisição da lista de membros. Ao realizar a requisição é informado o perfil sendo buscado, então, o Gerenciador verifica quais são as empresas que estão adequadas a este perfil. As empresas que não são indicadas pelo Gerenciador não são excluídas do grupo, apenas não

participam da seleção que está sendo feita. Esta estratégia de efetuar uma seleção dos destinatários para o envio de uma mensagem é chamada de “Restrição de Audiência” (PARUNAK, 1987)

O anúncio utilizado no sistema pode ser tomado a partir de um modelo (de informações) de referência¹⁰, que serve para o assunto em questão, ou seja, além de refletir aquilo que está sendo discutido, tem um formato que é padronizado, ou então, o mais próximo possível de um padrão. A partir desse modelo de referência são determinadas as características mais relevantes e é montada a primeira forma do anúncio: o anúncio resumido que é descrito a seguir.

Anúncio Resumido

No anúncio resumido estão somente as informações essenciais que possam fornecer uma noção do que deve ser feito, e com base nestas informações elementares, o responsável da empresa tem condições de decidir em participar ou não do processo de escolha.

O anúncio resumido permite a empresa avaliar se possui condições para participar da execução da tarefa. Tal anúncio não é suficiente para que a empresa defina questões mais complicadas ou específicas, como por exemplo: o custo da fabricação. Para isto será enviado o anúncio completo na etapa seguinte.

Uma vez que uma empresa tenha decidido participar da seleção, esta envia uma resposta referente ao anúncio resumido, informando sua vontade de cooperar na tarefa. Se não pretende participar, ainda assim a empresa envia uma resposta ao anúncio, informando que não pretende candidatar-se. Esta ação determina quais empresas passarão para a segunda fase do anúncio.

A divisão do anúncio em etapas tem a finalidade de diminuir o volume de comunicações realizadas no grupo, procurando não prejudicar a carga da rede. Ao invés de enviar o anúncio completo – que é bastante pesado – a todos os membros da OV, primeiramente é feito um refinamento dos destinatários e apenas é informado a estes que há uma tarefa a ser feita.

Por exemplo, se a empresa **Alfa** não realiza uma modalidade de serviço exigida na fabricação do produto, não há motivos para informá-la sobre a existência daquela ON. Isto é importante para a redução da comunicação e também para direcionar os esforços na busca. Dessa

¹⁰ Este modelo de referência deve ser um padrão para a aplicação em questão. Se tal padrão não existir deve ser um modelo comum entre os envolvidos no processo, neste caso, as empresas da OV.

forma, a comunicação que pode vir a causar mais impacto na carga da rede, que é o anúncio completo, é realizada somente com aqueles que manifestaram a vontade de integrar a EV.

De uma forma resumida, no primeiro momento são selecionados os prováveis candidatos, isto é, destinatários do anúncio resumido; na segunda etapa, após receber as respostas dos candidatos, será enviado o anúncio na sua forma completa.

Anúncio Completo

Uma vez que as empresas responderam à primeira fase do anúncio, o *Broker* monta a relação daquelas que têm intenção em se candidatar à EV. Para estas empresas será enviado um anúncio com a descrição completa do produto solicitado pelo cliente. Neste anúncio estão as características que permitirão à empresa fazer uma análise mais detalhada e definir questões relativas à produção como: o custo e em que prazo poderá concluir sua parte da tarefa.

Outra vez as empresas manifestam sua intenção em participar ou não do processo. As empresas que não queiram participar das etapas seguintes, são removidas da lista de candidatos. Isto permite que alguma empresa, após avaliar os detalhes, desista de participar da seleção por julgar-se incapacitada ou impossibilitada para a realização de qualquer das tarefas. As empresas que permanecem como candidatas serão consultadas na próxima etapa.

4.4.3 Fase de Respostas ao Anúncio

Esta não é propriamente uma fase distinta da fase do Anúncio, mas serve para registrar as respostas, enviadas pelas empresas ao *Broker*, com relação aos anúncios resumido e completo. Ajuda a manter o controle de envio de mensagens, permitindo realizar auditorias e resolver questões como, por exemplo, se há alguma empresa que não recebeu uma dada mensagem. São construídas listas com as empresas que responderam aos anúncios, sendo que ao final da etapa do anúncio completo, a lista servirá para saber quais empresas serão consultadas no levantamento de dados.

4.4.4 Fase de Busca de Informações

Uma vez que as empresas analisaram o anúncio completo e confirmaram sua intenção de participar da EV, procede-se à coleta dos dados. Esta pesquisa ou coleta tem o objetivo de determinar quais serão as empresas responsáveis pelas tarefas.

Dessa forma, aquelas empresas que se candidataram ao processo serão consultadas sobre aspectos referentes à:

- Dados da empresa:
 - Capacidade de produção;
 - Disponibilidade de recursos;
 - O prazo para a conclusão da sua tarefa;
 - O custo envolvido na produção.
- Dados da tarefa:
 - Item/Itens a produzir (quais a(s) tarefa(s) que a empresa pretende realizar);

Estes são exemplos de alguns dados que podem ser solicitados às candidatas. Porém, as informações a serem prestadas pelas empresas dependem fundamentalmente da natureza da tarefa a ser realizada. Convém ressaltar que a especificação dos itens consultados nas empresas é particular a cada tipo de aplicação e que as listadas acima são de grande importância num cenário onde o tema principal envolve produção.

Uma tarefa a ser atendida é composta por várias “subtarefas” a serem distribuídas entre os participantes da EV. Assim, uma empresa pode assumir a realização de mais de uma destas subtarefas e para isso, as informações presentes em Dados da Tarefa visam especificar quais itens o candidato pretende realizar. Conforme uma subtarefa tenha vários interessados em realizá-la, os “vencedores” são determinados com base nas informações coletadas junto aos candidatos. Isto possibilitará a escolha da empresa que melhor atenda a requisitos como qualidade, prazo ou custo.

4.4.5 Fase de Negociação

Na negociação são realizadas interações com as empresas na busca de situações melhores que as apresentadas. Se a proposta apresentada pela empresa não estiver de acordo com as exigências, procura-se melhorar as condições em busca de melhores prazos ou custos, por exemplo. A negociação está relacionada principalmente com a Seleção dos integrantes.

Devem ser especificados quais itens poderão sofrer negociação, bem como níveis ou faixas de valores aceitáveis. Estas faixas poderiam ser, num exemplo envolvendo prazo de entrega, datas definidas como ideal ou máximo aceitável e uma vez que a proposta esteja além do máximo aceitável, tentar-se-á a redução do prazo prometido para um valor dentro desta faixa (RABELO, 1997).

4.4.6 Fase de Seleção

Uma vez obtidos os dados de cada empresa candidata, procede-se à seleção final. Para isto serão utilizados critérios de escolha, que são fatores que devem ser considerados para a atribuição das tarefas às empresas. Ainda usando um exemplo envolvendo produção, os parâmetros usados são:

- o menor prazo de fabricação;
- o menor custo total;

Terminada a fase de seleção, o *Broker* passa a ser o coordenador da EV e sua função agora é garantir que a EV cumpra sua tarefa, sendo o responsável pelo andamento do processo. O coordenador tem que observar os prazos para a tarefa, lidar com eventuais atrasos de algum integrante da EV e responder pela empresa virtual criada, inclusive nas questões de contrato.

4.4.7 Concessão de Contrato

Tendo concluído as fases de Anúncio, Resposta, Negociação e Seleção, obtém-se a relação das empresas que formarão a EV e que agora são informadas da concessão do contrato.

A concessão de contrato visa garantir a alocação dos recursos necessários, o estabelecimento de responsabilidades de execução de tarefas e ainda, determinar o retorno que caberá a cada membro da EV. A alocação dos recursos tem o propósito de agendar a utilização dos mesmos, garantindo sua disponibilidade para a execução das atividades. A finalidade de atribuir responsabilidades e o retorno para cada membro é definir qual será sua atuação na EV, suas responsabilidades mesmo após o término das atividades e qual será o pagamento por seus serviços prestados.

Assim como é fundamental avisar aos selecionados a concessão do contrato, é necessário avisar aos candidatos não selecionados para que não mantenham nenhum tipo de reserva dos recursos previamente alocados. Com isso, os candidatos não selecionados podem contar com aqueles recursos para concorrer em outros processos de seleção.

Uma vez estabelecida a EV, feitas as atribuições das tarefas aos integrantes e definido o seu coordenador, o processo de Busca e Seleção está concluído, a EV passa para o funcionamento propriamente dito, começando sua fase de Operação.

4.5 Considerações sobre o Modelo Conceitual Proposto

A abordagem que está sendo proposta neste trabalho é uma derivação dos modelos apresentados em RABELO et al. (2000) e COSTA e RABELO (2001) com a introdução de algumas características que visam dar maior flexibilidade ao processo.

Basicamente, no primeiro trabalho explorou-se o uso de SMA no problema de formação de EVs em plataformas homogêneas de agentes, onde um elemento da Organização – chamado de *Broker* – decidia sobre a composição da empresa virtual mais adequada para uma dada ON. No segundo trabalho, explorou-se o uso de agentes móveis no problema, mas levando em consideração a existência de plataformas heterogêneas e com um *Broker* selecionador.

Neste trabalho, deseja-se explorar o uso de agentes móveis mas com capacidades de serem executados em plataformas heterogêneas adotando alguns padrões de portabilidade e interoperabilidade, considerando aspectos de segurança e ainda, possibilitando que vários *Brokers* existam no sistema, cada um coordenando um processo de formação de EV. São usados ainda, outros padrões para a troca de mensagens entre os agentes, como KQML e XML.

Embora as empresas tenham formado um grupo com o objetivo de cooperar em tarefas e com isso montar EVs, ainda assim podem existir desconfianças com relação à atuação dos membros do grupo. Por exemplo, em uma situação onde há empresas que se candidatam para participar de uma EV mas que dificilmente são selecionadas, pode surgir um questionamento quanto à transparência do processo de seleção. A existência de um único *Broker* responsável por todas as tarefas na seleção prejudica essa transparência.

É importante salientar que o aspecto da “construção de confiança” (*trust building*) é hoje visto como um dos principais entraves para uma maior disseminação e uso, pelas empresas, do paradigma de EV. Portanto, faz-se necessário que soluções metodológicas e infra-estruturas de TI dêem algum suporte para a superação destes entraves (RABELO et al., 2003).

Para contribuir com o estabelecimento da confiança entre os membros do grupo, assume-se neste trabalho, que cada membro pode atuar como *Broker* em processos de formação de EVs. Assim, cada empresa pode introduzir ONs ao grupo, tornando-se a responsável por efetuar o anúncio da ON e então, coordenar as atividades de seleção das empresas mais adequadas para constituir a EV. Resultando num cenário como o ilustrado na Figura 4-3, no qual há três EVs, cada uma com o seu *Broker* e denotando a possibilidade de uma empresa participar em várias EVs simultaneamente.

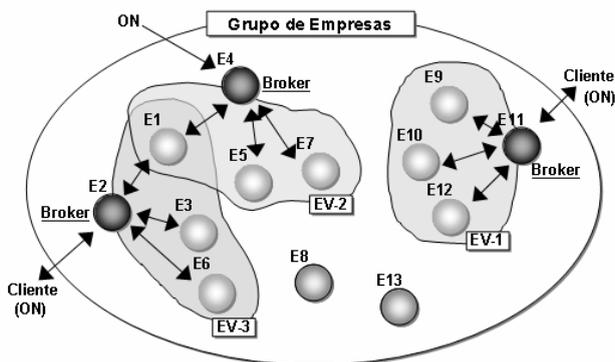


Figura 4-3 Exemplo de um cenário em uma OV

Além do fato de prover mais confiança no grupo, a existência de vários *Brokers* evita a concentração de tarefas num único integrante do grupo. Dessa forma distribui a carga de processamento e as comunicações entre os integrantes. Nesta abordagem, várias EVs podem ser criadas dentro da OV, sem sobrecarregar um único *broker*.

Nos modelos onde existe um único *Broker*, há uma facilidade na representação de todos os elementos do grupo, pois basta que o *Broker* possua uma relação de quem são os outros membros e suas informações sobre localização e habilidades. Neste tipo de estrutura, quando uma empresa passa a integrar o grupo, informa a sua existência ao *Broker*, o qual insere as informações da nova integrante na relação das empresas existentes no grupo.

No caso de existir mais de um *Broker* para o mesmo grupo, é necessário que cada empresa possua informações sobre os demais integrantes. Quando uma empresa ingressa no grupo, precisa saber quem são os outros membros para então “registrar-se” perante cada um deles. Como uma empresa pode deixar o grupo, também é necessário excluir suas informações da relação de participantes do grupo, então, novamente deve informar a todos os membros a sua saída. Esta maneira de atuação não é eficiente, pois gera um volume muito alto de trocas de mensagens nas operações de entrada e saída do grupo e ainda, introduz complexidade na operação.

A forma encontrada para solucionar este problema foi definir um Gerenciador de Grupo onde serão feitos os registros e as exclusões dos integrantes do grupo (Controle de *Membership*). Então, cada empresa ao ingressar no grupo precisa saber apenas quem é e onde está o Gerenciador, o qual disponibiliza informações sobre os demais membros.

4.6 Modelo do Sistema

O detalhamento deste sistema será feito com a apresentação dos diferentes tipos de agentes e componentes necessários. Serão discutidas as funções e o comportamento de cada agente durante o processo de busca e seleção.

A proposta aplica uma abordagem híbrida, combinando agentes estacionários e agentes móveis. Agentes estacionários funcionarão como coordenadores do processo de busca e seleção e como representantes das empresas da OV. Agentes móveis são utilizados para explorar sua habilidade de deslocamento pela rede, quer para buscar/levar informação, quer para interagir localmente com outros agentes/sistemas. A escolha por uma abordagem híbrida é justificada pela constatação de que o emprego de agentes móveis deve ser avaliado de acordo com as funcionalidades pretendidas para estes agentes. No modelo proposto, os agentes móveis não se mostram adequados para exercer o papel de coordenador do processo de Busca e Seleção e tampouco para mediar a interação com os sistemas legados das empresas, já que estas atividades não se beneficiam das vantagens proporcionadas pela mobilidade e necessitam de um nível de segurança que os agentes móveis não podem proporcionar.

O sistema de agentes deve estar presente em cada empresa que compõe a organização virtual. Este sistema é composto pela plataforma de Agentes Móveis e pelo Sistema Multiagente, os quais têm as funções de criar e manter os diferentes tipos de agentes utilizados.

4.6.1 Hierarquia do Sistema

O trabalho de MALONE e SMITH (1988) serve de base para classificar a estrutura de coordenação do sistema proposto. MALONE e SMITH (1988) definem uma estrutura de coordenação como um padrão de tomada de decisão e de comunicação entre um conjunto de atores que realizam tarefas para alcançarem objetivos (metas).

Na definição dos tipos de hierarquias são consideradas as seguintes entidades: os produtos a serem feitos, aqueles que produzem os produtos, aqueles que determinam quais produtos devem ser feitos e aqueles que determinam quais serão os processadores que farão as atividades. A Figura 4-4 representa os seis tipos de hierarquias mais importantes segundo MALONE e SMITH (1988). Na hierarquia por produto (1) cada processador está dedicado a um produto específico. Na hierarquia descentralizada (2) os produtos são feitos pelos vários processadores, tendo um gerenciador de produto (comprador) comunicando-se diretamente com os potenciais processadores e então, determina aos quais atribuirá tarefas.

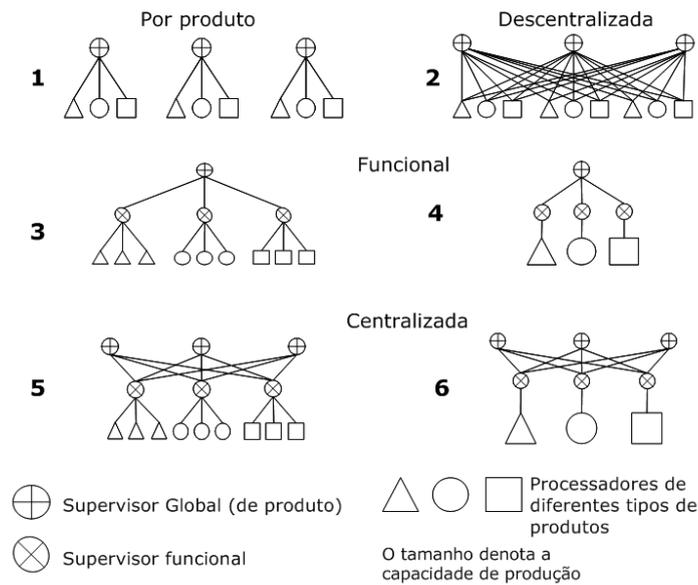


Figura 4-4 Hierarquia de controle (MALONE e SMITH, 1988)

Na hierarquia funcional (esquemas 3 e 4 da Figura 4-4), processadores são agrupados em espécies de departamentos, conforme sua função, sendo que cada departamento possui um supervisor funcional. No topo está o supervisor global que determina quais tarefas devem ser feitas, delegando-as ao supervisor funcional do “departamento” adequado. Ao supervisor funcional então, são delegadas as tarefas, ficando assim responsável pela atribuição aos processadores corretos.

A hierarquia centralizada é semelhante à arquitetura funcional, porém, com vários supervisores globais (de produto) contratando supervisores funcionais e delegando a estes tarefas que serão atribuídas aos processadores corretos.

Considerando as características apresentadas, o sistema proposto possui uma hierarquia do tipo descentralizada, pois permite que num determinado momento haja mais de um supervisor de produto (global) contatando as unidades processadoras. Cada *Broker* é visto como um supervisor de produto (comprador), que contata potenciais processadores (fornecedores) e então decide, efetuando o processo de busca e seleção, a quais processadores atribuirá as tarefas.

4.6.2 Entidades do Sistema

Todo agente criado no sistema possui uma estrutura composta por unidades ou módulos responsáveis por determinadas funções do agente. Estes módulos são responsáveis por tarefas como comunicação do agente com outros agentes e sistemas, manipulação do conhecimento sendo adquirido pelo agente e também por seu raciocínio.

A arquitetura de um agente é apresentada na Figura 4-5. O módulo Particularidades ao Sistema de Agentes é uma abstração das características da plataforma na qual o agente é criado.

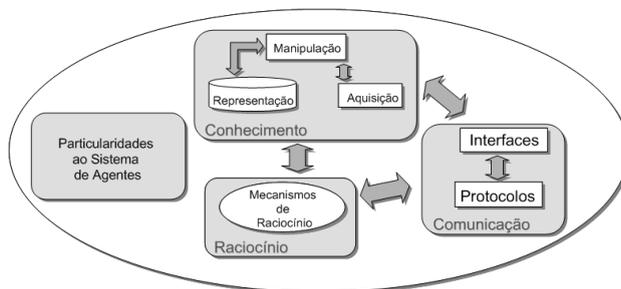


Figura 4-5 Arquitetura de um agente do sistema

Primeiramente é necessária a identificação das entidades do sistema de agentes, com suas denominações e funções desempenhadas. A Figura 4-6 faz uma representação das entidades presentes no sistema como por exemplo os agentes do sistema, os *brokers* humanos e as empresas do grupo interligadas através da Internet. O Gestor Global é quem está conduzindo naquele momento os processos de busca e seleção para uma EV, pois é o representante que recebeu a ON.

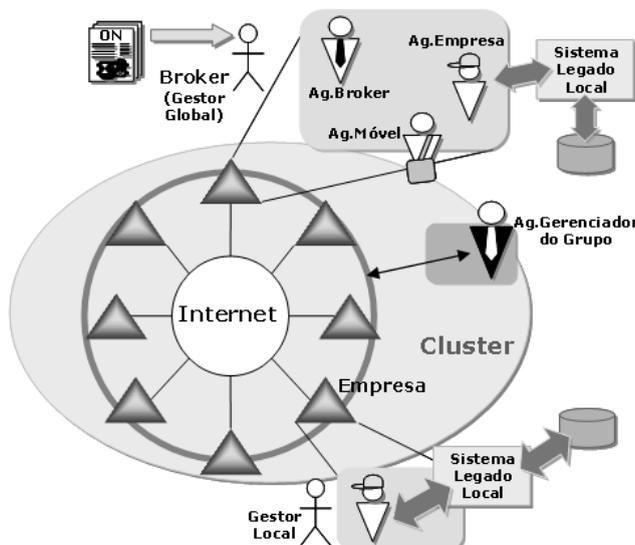


Figura 4-6 Cenário representando o cluster e as entidades presentes no sistema

Agente Gerenciador do Grupo – é um agente estacionário e persistente, auxiliar a todo o sistema e que é responsável pelo controle de *membership* no grupo de empresas. Mantém uma lista dos membros que compõem o grupo, que além de dados da empresa sobre identificação e localização, possui informações sobre indicadores da empresa, por exemplo, se está operando normalmente ou se está com a capacidade comprometida. Isto permite uma melhor seleção prévia das empresas que serão consultadas, ou então, que a lista seja um reflexo mais atualizado possível da situação do grupo e seus membros.

Quando uma empresa integra a OV, deve efetuar seu registro junto ao gerenciador e, no momento que se retirar da organização, deve informar ao gerenciador a sua saída para que seja feita a remoção do seu registro. Com estas ações, a lista se mantém atualizada, possuindo sempre os membros atualmente presentes no grupo.

Além dos serviços de registro e remoção, o gerenciador do grupo fornece a relação de quais empresas compõem o grupo mediante solicitação efetuada por algum membro da OV. Normalmente, esta requisição é feita quando um agente está iniciando um processo de busca e seleção.

Agente Empresa – é um agente estacionário e persistente que tem como função representar a empresa onde é criado, permitindo a obtenção e a disponibilização de informações. O Agente Empresa é capaz de se comunicar com agentes que migraram até seu local com o propósito de receber e fornecer informações necessárias para o processo. Estas informações são acerca da ON sendo apresentada ou referentes à empresa representada pelo agente. Os dados solicitados são obtidos através de interação do agente com o repositório de dados local e/ou com interação com o gestor ou especialista responsável da empresa. No momento que a empresa representada por este agente introduz uma oportunidade de negócio ao grupo, o Agente Empresa determina a criação de um agente *Broker*, que irá coordenar os processos necessários à formação da EV para esta determinada oportunidade. Na criação do *Broker*, o Agente Empresa solicita ao Gerenciador do Grupo a relação das empresas registradas, podendo então verificar quais devem ser consultadas e repassando-a ao agente *Broker*.

O gestor ou especialista da empresa é quem faz o refinamento das informações obtidas junto ao repositório de dados local, efetuando a decisão final em questões como prazo de entrega e custo da produção. Mesmo que as empresas possuam sistemas informatizados para controle de produção, de estoque, entre outros, as questões que envolvem o comprometimento da empresa precisam sofrer o aval de um especialista.

Agente Broker – é o agente coordenador do processo de busca e seleção a ser feito pelo sistema de agentes. O *Broker* é um agente estacionário e tem seu tempo de vida atrelado à duração da EV, sendo eliminado ao término da fase de Dissolução da EV. Cada agente *Broker* é exclusivo a uma determinada Oportunidade de Negócio e fica localizado na empresa que a introduziu. Podem existir mais de um Agente *Broker* numa mesma empresa, porém cada um coordena um processo diferente dos demais. Tem a capacidade de criar agentes móveis do tipo Agente Móvel *Broker* para

auxiliarem no processo que está coordenando. Quando cria um Agente Móvel *Broker*, o Agente *Broker* monta o itinerário a ser percorrido usando a relação das possíveis empresas candidatas.

Agente Móvel *Broker* – este é um agente móvel e temporário com a capacidade de migrar para outros locais. Suas funções são de carregar informações sobre a ON em questão e obter dados nos locais por onde passa com a finalidade de auxiliar na escolha das empresas com capacidade para integrar a EV. Este agente pode ter diferentes tarefas (missões) a serem desempenhadas, podendo agir como um simples agente mensageiro, como um pesquisador de dados ou então, atuar como um negociador, onde é capaz de tomar decisões e realizar a negociação sem depender de ordens enviadas pelo agente *Broker* no decorrer da sua tarefa. Assim, são criados papéis para o agente, conforme a atuação pretendida e que são apresentados a seguir:

O agente móvel pode atuar como **Mensageiro** quanto transporta e disponibiliza as informações de anúncio aos sistemas de agentes dos locais visitados. Pode também atuar como **Pesquisador** ou Coletor de Informações, quando percorre os vários sistemas de agentes solicitando, obtendo e transportando informações. E pode atuar como **Negociador** quando faz uso das informações obtidas e vai na busca por melhores resultados que aqueles fornecidos inicialmente.

A tarefa a ser desempenhada pelo agente móvel é modelada como uma missão. Uma vez que cada missão está definida e representada num formato compreensível ao agente, pode-se criar uma biblioteca de missões. Dessa forma ao criar o agente móvel, define-se a sua missão a partir de alguma realizada anteriormente, podendo também fazer a combinação de mais de uma delas.

A função da biblioteca é permitir a criação de agentes mais flexíveis e adequados às tarefas. Utilizar uma biblioteca de missões traz vantagens na criação dos agentes não apenas pelo fato de reutilizar missões já modeladas, mas também por permitir a personalização do agente para a tarefa a ser desempenhada. A sua missão pode ser uma composição de outras missões, selecionadas para atender à necessidade da tarefa. Assim, pode-se determinar que o agente apenas efetua entrega de informações, ou então, que pode solicitar, analisar e transportar dados referentes aos locais por onde passa. Também possibilita que missões sejam adicionadas ou mesmo removidas desta biblioteca, o que permite um dinamismo maior para a criação dos agentes.

4.6.3 Fases de Anúncio e Respostas ao Anúncio

O diagrama de seqüência apresentado na Figura 4-7 apresenta os passos para o registro dos agentes junto ao Gerenciador, a primeira fase do Anúncio e o envio das respostas ao anúncio resumido.

Uma empresa torna-se visível aos sistemas de agentes das demais empresas quando é criado o seu Agente Empresa. A criação deste agente é determinada pelo usuário, no caso, o especialista da empresa. Assim que for criado, este agente efetua o registro da empresa que está representando junto ao Gerenciador do Grupo, de onde todos os demais participantes podem obter a relação dos integrantes e tomar conhecimento da existência desta empresa.

Uma Oportunidade de Negócio, como já citado, pode chegar até a organização virtual através do pedido de um cliente diretamente a um dos integrantes ou através de identificação feita por um *Broker*.

No momento que um Agente Empresa inicia um processo de *brokerage*, solicita a lista de membros do grupo ao Gerenciador e, após receber esta lista, efetua uma pré seleção com o objetivo de excluir indivíduos que não se encaixam no perfil sendo procurado, e então cria um Agente *Broker* repassando a este as informações sobre a ON e a relação das empresas que serão consultadas.

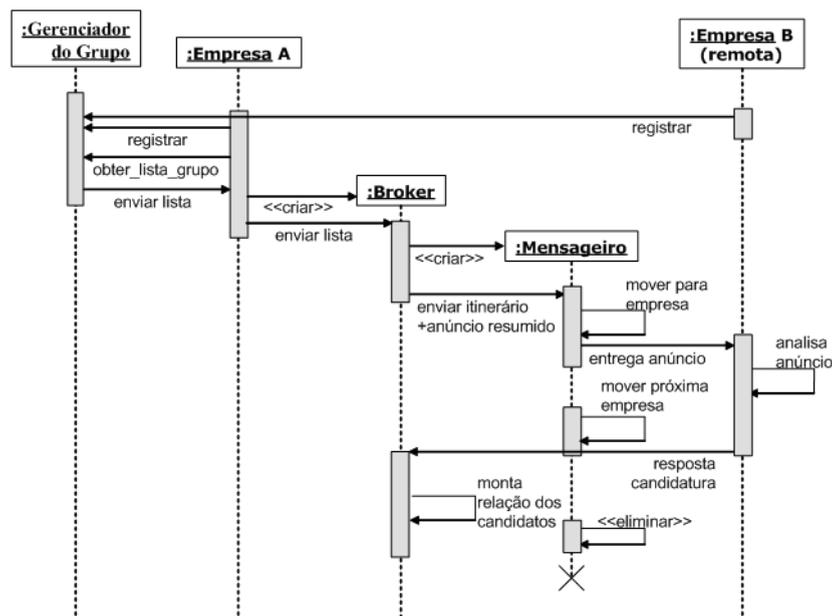


Figura 4-7 Diagrama de Sequência representando a 1ª fase do anúncio e o envio de respostas

A apresentação da ON para as empresas do *cluster* é feita através do lançamento do Anúncio, que num primeiro momento estará na sua forma resumida e posteriormente, completa. A partir da descrição apresentada pelo cliente, são apontados alguns itens que têm maior relevância para a caracterização do produto e que formarão o anúncio resumido que o sistema de agentes enviará às empresas do grupo. Este envio é feito através de um agente móvel.

Cada empresa receberá o anúncio através de comunicação com o agente móvel que migra até seu sistema de agentes. Após ter recebido o anúncio, o sistema cria uma interface onde apresentará os dados recebidos, possibilitando ao responsável da empresa avaliar o que está sendo proposto e então decidir pela participação da empresa na seleção.

A resposta dada pelo responsável é enviada diretamente ao *Broker*, e uma vez que esta indicar a vontade de participar no processo de seleção, esta empresa continuará fazendo parte da relação das empresas candidatas. Uma resposta negativa é quando a empresa informa que não tem interesse em integrar a futura EV, e assim é desconsiderada nos próximos passos do processo. Dessa forma, é necessário que a empresa responda inclusive o seu “não interesse” em integrar a EV para que seja feito o controle de recebimento do anúncio por parte das empresas. Um prazo é estipulado para o envio das respostas, e aquelas recebidas fora deste prazo, são descartadas.

Assim que o agente *Broker* tiver recebido as respostas ao primeiro anúncio e montado a relação dos candidatos, determina a criação do agente móvel que levará o anúncio completo às empresas. Este agente é o Agente Móvel *Broker* com a missão de Mensageiro, e seu itinerário será composto pelas empresas candidatas. Estas ações estão representadas no diagrama de seqüência da Figura 4-8.

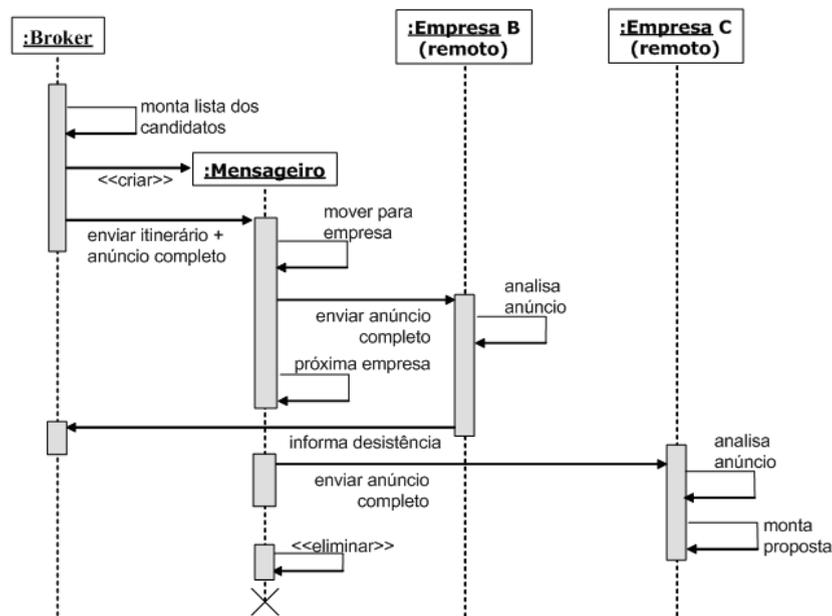


Figura 4-8 Diagrama de Seqüência representando o envio do anúncio completo

Além do itinerário, o agente terá consigo o anúncio completo a ser entregue em cada local visitado.

Este anúncio na forma completa tem por função esclarecer todos os detalhes referentes ao produto, possibilitando ao responsável da empresa fazer os cálculos e planejamentos referentes ao custo, prazo de entrega, alocação de recursos necessários e agendamento (pré-agendamento) das tarefas a serem realizadas.

4.6.4 Fase de Busca de Informações e Fase de Negociação

Quando a missão envolve pesquisa de dados, o agente *Broker* cria o agente Pesquisador e repassa a este uma relação de itens a serem solicitados nas empresas. O diagrama da Figura 4-9 apresenta as seqüências de passos a partir da criação do agente Pesquisador.

Ao chegar em cada sistema, o agente móvel repassa esta lista de itens que deverão ser respondidos pelo sistema local. A solicitação de dados é processada pelo Agente Empresa, momento em que pode ser necessário realizar uma busca por informações na sua base de dados e ainda, o estabelecimento de um diálogo com o responsável local, a fim de obter informações que não constam na base ou confirmar dados coletados. As informações solicitadas e exibidas são referentes às capacidades de produção da empresa, como especificado na seção 4.4.4. Assim que o agente móvel recebe os dados, efetua os processamentos necessários, armazena-os e segue para a próxima empresa, e assim até concluir seu roteiro retornando ao agente *Broker*.

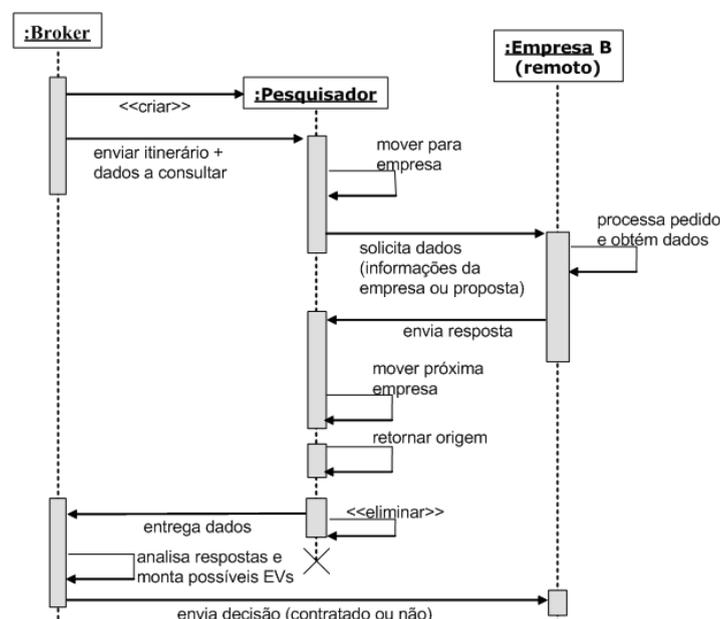


Figura 4-9 Diagrama de Seqüência representando a criação de um agente Pesquisador e sua ação no sistema

O Agente Móvel Negociador realiza a negociação numa situação onde recebe as respostas de uma consulta à empresa e verifica que as condições não estão de acordo com o esperado. Um exemplo mais prático pode ser referente ao custo da produção, onde a empresa apresenta um valor

acima de um nível pré-determinado, então o agente faz uma re-consulta à empresa, procurando conseguir um valor de custo que esteja dentro da faixa aceitável.

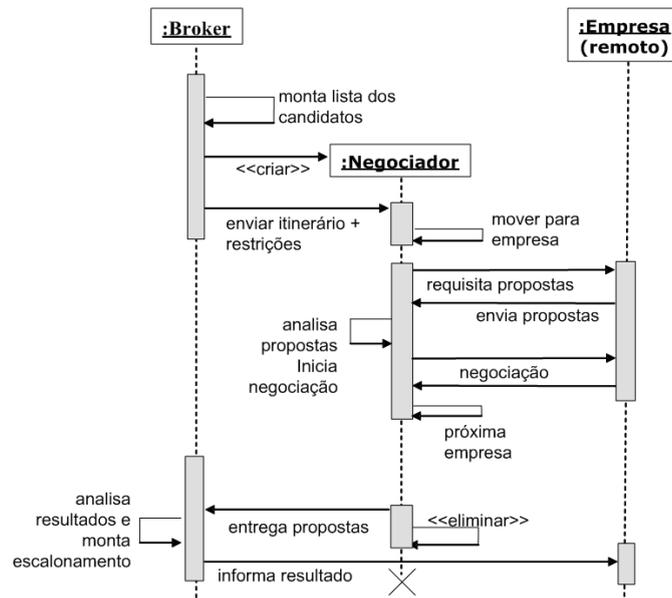


Figura 4-10 Diagrama de seqüência das ações do Agente Negociador

Os parâmetros de negociação devem ser determinados quando da criação do agente, informando quais são os itens negociáveis e quais são as faixas de valores aceitáveis. Esta indicação dos itens também determina qual será o procedimento para o envio das suas propostas, de maneira que itens que não exigem negociação poderão ter suas propostas enviadas diretamente do proponente para o Agente *Broker*. Já as propostas passíveis de negociação, ficam no aguardo do Agente Móvel *Broker* que irá apanhá-las e, se necessário, realizar um processo de negociação.

4.6.5 Fase final: a escolha das empresas

Quando o agente móvel retorna à sua origem, traz consigo os resultados obtidos em sua viagem. Os resultados são as informações que foram obtidas junto às empresas através da consulta, com ou sem negociação, e que serão a base para a escolha das empresas da EV.

Utilizando os critérios de menor custo e menor prazo de entrega, o agente *Broker* analisa e monta as possíveis formações de EVs. O responsável pelo processo de busca e seleção toma conhecimento dos resultados e pode definir qual o melhor grupo de empresas. O resultado final é uma relação das empresas componentes da EV, quais as tarefas que cada uma terá para executar, informações acerca de prazos prometidos e quem é o coordenador para esta EV.

Ao final da busca e seleção, começa uma nova etapa no ciclo de vida da EV, a sua operação. Os agentes continuam a existir no sistema, passando a exercer outras funções. O *Broker* passa a ser o coordenador da EV e fica responsável pela supervisão dos trabalhos. Para os agentes móveis passam a existir outras missões, como coleta de informações sobre a situação das tarefas, sobre a situação das próprias empresas, missões estas relacionadas com a monitoração do funcionamento da EV.

4.7 Mecanismos de Segurança para o Modelo Proposto

Conforme apresentado na seção 3.8.1, o problema da segurança prejudica a ampla adoção do paradigma de Agentes Móveis. Uma vez que este paradigma está sendo adotado no sistema proposto, mecanismos de segurança precisam ser incluídos visando contornar as ameaças de segurança identificadas na referida seção e com isto, beneficiar a construção de confiança entre as empresas.

Em WANGHAM e FRAGA (2003), um esquema de autenticação e de autorização para a proteção das plataformas de agentes e dos recursos do sistema, e dos próprios agentes móveis é proposto, considerando aplicações destinadas a sistemas abertos e agentes *multi-hop* com itinerários livres. Conforme descrito em RABELO et al. (2003), este esquema foi integrado ao sistema de Busca e Seleção de parceiros para a Formação de EVs visando prover segurança, através dos procedimentos descritos a seguir.

Técnicas para Programação e Criação de Agentes Móveis Protegidos

Durante o processo de criação do agente móvel, o proprietário, sendo a autoridade que o agente representa, emite um certificado de nome SPKI/SDSI¹¹ para este agente (associando este certificado à chave pública do agente) e fornece um conjunto de autorizações SPKI/SDSI, que são os certificados que definem os atributos de privilégios do agente (suas credenciais).

O programador pode proteger o estado do agente, de forma que este se torne visível somente para determinadas plataformas, possibilitando a revelação seletiva do estado do agente. Além disso, o programador pode usar métodos empíricos (ofuscamento de código) para prevenir a revelação de dados sensíveis do agente para plataformas maliciosas, como por exemplo, a estratégia de negociação descrita no agente.

¹¹ Simple Public Key Infrastructure / Simple Distributed Security Infrastructure (ELLISON et al., 1999)

Protocolo para o Estabelecimento de um Canal Seguro

No modelo proposto, as plataformas envolvidas na transferência de um agente devem primeiramente estabelecer uma autenticação mútua, criando assim um canal seguro a ser usado na transferência e nas demais interações realizadas. A autenticação mútua segue um protocolo de Desafio/Resposta baseado em certificados de autorização SPKI/SDSI, tendo como objetivo assegurar que as duas partes possuem os direitos necessários para estabelecer o canal seguro.

No estabelecimento do canal seguro, uma tecnologia de segurança subjacente, o SSL (*Secure Sockets Layer*), é usada visando garantir a confidencialidade e a integridade da comunicação entre as plataformas de agentes.

Autenticação de Agentes Móveis

Antes de instanciar a *thread* para um agente, a plataforma destino deve autenticar o agente recebido. A confiança no agente é estabelecida com base na autenticidade do proprietário do agente, na autenticidade das demais plataformas visitadas pelo agente e nas federações definidas pelo proprietário do agente (RABELO et al., 2003).

Procedimentos para Geração de Domínios de Proteção

O esquema para a geração de domínios de proteção está baseado em certificados de autorização SPKI/SDSI que são carregados pelo agente e representam suas credenciais. Com base nestes certificados, o guardião da plataforma define o conjunto de permissões e o associa ao domínio criado. Os certificados de autorização concedidos ao agente na sua criação, podem ser insuficientes para obter o acesso a certos recursos, assim, novos certificados podem ser fornecidos ao agente nas suas visitas a outras plataformas, inclusive podendo este procurar por certificados e negociá-los com os detentores do mesmo.

4.8 Conclusões do Capítulo

Neste capítulo foram apresentados os aspectos referentes ao modelo conceitual proposto para a atividade de Busca e Seleção de parceiros, que contemplam as atividades de receber as especificações de uma oportunidade de negócio de um cliente, modelá-la, distribuí-la entre as empresas da OV, receber as propostas das empresas interessadas, avaliar as possíveis EVs e divulgar o resultado final às empresas proponentes.

Este modelo contempla a necessidade de se ter mais de um *Broker* atuando dentro de uma OV. Tal característica traz vantagens para o sistema pelo fato de reduzir a concentração de atividades em um único elemento, de possibilitar uma hierarquia de sistema do tipo descentralizada e além disso, por contribuir na construção da confiança entre as empresas participantes. Esta construção da confiança é promovida ainda através do uso de mecanismos de segurança para proteger o canal de comunicação, as plataformas de agentes móveis e os próprios agentes móveis.

No modelo proposto, a adoção de anúncios e propostas para a escolha de tarefas por parte das empresas está baseada no protocolo de Rede de Contrato e mostra-se uma abordagem mais democrática quando comparada com os trabalhos relacionados, introduzidos na seção 3.12.

O sistema que aplica este modelo conceitual possui uma arquitetura híbrida de agentes, combinando as vantagens dos agentes móveis e dos estacionários, tornando-o flexível, eficiente e seguro para auxiliar o processo de Busca e Seleção de parceiros. Emprega a idéia de uma biblioteca de missões que permite a criação de agentes mais flexíveis e adequados às suas tarefas (reutilização de missões e personalização de agentes).

Capítulo 5

Modelo da Implementação

5.1 Introdução

Definidas as entidades e os papéis dos integrantes do sistema de Busca e Seleção de parceiros, descrito no Capítulo 4, neste capítulo serão detalhados os aspectos referentes ao protótipo implementado, apresentando as escolhas tecnológicas que compõem sua arquitetura tendo como base o uso de padrões de fato no contexto da Internet. Os elementos que compõem o sistema e a dinâmica das fases do processo, anteriormente definidos, são detalhados usando como cenário a Organização Virtual *TechMoldes*.

5.2 Elementos da implementação

Na implementação do modelo proposto no Capítulo 4 foram utilizadas duas plataformas de agentes, sendo elas *Aglets* (AGLETS, 2002) e *Massyve* (MASSYVE, 2002). A plataforma *Aglets* foi utilizada para prover o sistema com os agentes móveis, dando suporte a todas ações necessárias a um agente móvel, desde sua criação, seu envio para locais remotos e conseqüente recebimento, e possibilitando toda a comunicação entre os agentes, até o momento do seu encerramento. A escolha do *Aglets* como plataforma para agentes móveis levou em conta os seguintes fatores:

- está implementado em Java, oferecendo diversas vantagens para a programação de agentes móveis, como: programação *multithread*: cada agente é uma *thread* de execução, o que permite implementar a autonomia dos agentes e a capacidade de trabalharem de forma paralela; independência de plataforma: os agentes criados são independentes das plataformas onde serão executados, bastando ter uma máquina virtual Java e a plataforma *Aglets*; a serialização de objetos, que permite realizar a transferência de agentes através dos processos de *marshaling* e

unmarshaling para envio e recepção respectivamente; e, execução segura, que através dos mecanismos de segurança do Java, contribui na proteção da plataforma contra agentes maliciosos;

- oferece formas de interação entre agentes móveis através da troca de mensagens síncronas ou assíncronas, importantes para permitir ou não o bloqueio da execução do agente;
- possibilita o tratamento de eventos como criação, encerramento, clonagem, desativação e migração de agentes móveis, favorecendo a implementação de ações na ocorrência destes eventos através dos métodos *Callback*;
- possibilita o tratamento específico para cada tipo de mensagem definido pelo programador;
- código aberto, permitindo efetuar alterações necessárias à adequação com as características desejadas ao projeto;
- implementa as especificações MAF, o que garante a interoperabilidade entre sistemas de agentes móveis;
- o Kit de Desenvolvimento de Software *Aglets* (ASDK) fornece uma interface de programação orientada a objetos, mecanismos para mobilidade de código, de dados e de informações de estado e um ambiente computacional padrão, chamado *Tahiti*.

O uso da plataforma *Massyve* visou sobretudo, validar o modelo proposto perante os aspectos de interoperabilidade. Ou seja, desejou-se assumir uma realidade na qual cada empresa do *cluster* tem o seu sistema legado particular, usualmente heterogêneo, com o qual é necessário interagir.

Assim sendo, os agentes da plataforma *Aglets* funcionam como o sistema de busca e seleção de parceiros que trabalhará “sobre” os sistemas legados das empresas, cada qual representado no sistema proposto como um agente da plataforma *Massyve*. Portanto, do ponto de vista conceitual da proposta, o problema de interoperabilidade – muito crítico em sistemas multiagente industriais – estaria coberto.

No entanto, visando dar ainda mais “realismo” ao sistema proposto, este deverá ser integrado a um sistema maior, que cobre outras fases do ciclo de vida de uma EV, tais como a Configuração e Operação/Evolução. Este sistema chama-se *SC²* (*Supply Chain Smart*

Coordination) (RABELO et al., 2002) e trata-se também de um Sistema Multiagente implementado na plataforma *Massyve*. O sistema proposto é visto, então, como um módulo/componente “agentificado” do SC² para uma função que até então não era suportada. O sistema SC² é implantado em cada um dos “nós”/empresas e pode interagir com seus módulos internos, com módulos de uma dada plataforma (*suite*) para EV e com os sistemas legados de cada empresa. Do ponto de vista da interoperabilidade, o problema é então fazer a interação entre os agentes *Aglets* (do sistema proposto) e os agentes *Massyve* (do SC²).

O agente *Massyve* é responsável pela interação com sistemas legados, ou seja, ele trata das questões particulares a cada plataforma onde está situado, realizando comunicação com agentes *Aglets* nos casos de requisição e fornecimento de informações.

Um primeiro problema que surge nesta abordagem é a diferença entre as linguagens das plataformas, uma vez que o *Massyve* está escrito em C/C++ e o *Aglets* em Java. Esta utilização de diferentes linguagens de programação na implementação do protótipo tem como objetivo explorar o problema da interoperabilidade entre agentes criados em plataformas distintas e ainda, de agentes com sistemas legados.

Para garantir a interoperabilidade entre estes agentes, é utilizado o CORBA como *middleware*, o qual provê facilidades de comunicação em ambientes heterogêneos como os encontrados na Internet. Assim, cada plataforma apresenta uma interface que forma uma espécie de contrato entre clientes de serviços e o objeto servidor destes. Estas interfaces descrevem todos os serviços (métodos e atributos) que serão exportados e visíveis para os potenciais clientes, descrevendo a forma como esses serviços podem ser acessados. Uma vez que a comunicação entre agentes de diferentes plataformas é realizada através de um ORB de comunicação, este traz a vantagem de garantir a heterogeneidade das plataformas envolvidas (diferentes Sistemas Operacionais e diferentes Linguagens de Programação).

As plataformas que dão suporte para a arquitetura híbrida de agentes do modelo proposto e os seus elementos são apresentados a seguir:

Plataforma de Agentes *Massyve* – presente em cada empresa, é responsável pela criação e manutenção de agentes estacionários como o Agente Empresa *Massyve*. Realiza a comunicação entre agentes construídos nesta Plataforma.

Agente Empresa *Massyve* – representa a empresa dentro da Plataforma *Massyve*. Responsável por obter e disponibilizar informações sobre a empresa e ainda,

receber informações enviadas por entidades externas, como o agente Empresa *Aglets*. Uma solicitação por informações é recebida através de uma mensagem enviada pelo Agente Empresa *Aglets* e envolve consulta à Base de Dados. O Agente Empresa *Massyve* tem acesso à base de dados local e após interpretar a solicitação recebida, realiza a consulta, obtém os dados, prepara-os numa forma adequada e envia-os ao Agente Empresa *Aglets*.

Plataforma *Aglets* – presente em cada empresa, é responsável pela criação e manutenção de agentes *Aglets* estacionários e móveis, necessários para o processo de busca e seleção. Torna possível receber agentes *Aglets* procedentes de outros locais e também, enviar agentes *Aglets* para locais remotos onde também esteja presente uma plataforma *Aglets*.

Agente Gerenciador do Grupo – é um agente *Aglets* responsável por realizar as operações de registro e exclusão de integrantes do grupo e ainda, disponibilizar a relação destes integrantes aos agentes Empresa *Aglets*.

Agente *Broker* – é o agente descrito na seção 4.6.2 implementado na Plataforma *Aglets*. É estacionário e sua existência está ligada ao processo de busca e seleção de empresas. Tem a capacidade de criar e enviar agentes móveis do tipo Agente Móvel *Broker*, receber informações trazidas por estes agentes ou então enviadas diretamente por Agentes Empresa *Aglets*.

Agente Móvel Mensageiro – também apresentado na seção 4.6.2, este agente é criado na Plataforma de Agentes *Aglets*. Na sua criação recebe o itinerário base que deve seguir e as informações que deve entregar nos destinos.

Agente Móvel Pesquisador - agente com a função de migrar até as plataformas das outras empresas do grupo, requisitar e coletar dados, retornando então a sua origem e entregando os dados ao Agente *Broker*.

Agente Móvel Negociador – agente móvel cuja função é migrar até as plataformas das outras empresas e coletar propostas elaboradas para a ON. Na sua criação recebe uma relação dos moldes a serem produzidos e suas faixas limite de custo e prazo. Ao chegar em cada empresa, o Agente Negociador recolhe as propostas e realiza a análise (localmente) destes dados confrontando com as faixas limite. Caso algum item esteja fora destas faixas, solicita ao usuário local uma reavaliação das propostas inadequadas.

Agente Empresa *Aglets* – em cada empresa há um Agente Empresa *Aglets*, cuja função é representá-la enquanto fizer parte do grupo. Este agente é criado no momento que a empresa ingressa no grupo (OV) e então efetua seu registro junto ao agente Gerenciador do Grupo através da criação e do envio do agente Móvel Empresa. Além deste agente móvel, o Agente Empresa *Aglets* cria o Agente *Broker* quando estiver introduzindo uma nova oportunidade de negócio ao grupo.

O Agente Empresa *Aglets* também é capaz de se comunicar com agentes móveis que foram enviados por algum Agente *Broker*, recebendo informações referentes a processos de negócios ou solicitações por dados da empresa, momento em que deverá processar a requisição, obter as informações e efetuar a resposta.

Agente Móvel Empresa – agente criado pelo Agente Empresa *Aglets*. Sua função é efetuar o registro do Agente Empresa *Aglets* junto ao Agente Gerenciador do Grupo. Este agente migra até o local do Agente Gerenciador e informa dados referentes à empresa que está representando. Ainda obtém informações mais detalhadas sobre o agente Gerenciador do Grupo e então, as envia ao Agente Empresa *Aglets* (seu criador). Após cumprir sua tarefa, o agente é encerrado.

5.2.1 Tipos das mensagens e seus formatos

As mensagens trocadas entre as entidades do sistema são de dois tipos: de **Infra-estrutura** e de **Aplicação**. Mensagem da infra-estrutura é toda aquela trocada entre agentes visando o funcionamento da estrutura do sistema de agentes, por exemplo: as ações junto ao Gerenciador do Grupo, de registro, exclusão e obtenção da relação dos membros. Mensagem de aplicação é toda mensagem enviada no decorrer das atividades e que utiliza da infra-estrutura montada. No sistema, mensagens de aplicação são utilizadas no envio do anúncio de realização de tarefas, nas propostas das empresas candidatas, nas requisições por informações das empresas e conseqüentemente, nas respostas.

As mensagens da Aplicação seguem o formato KQML (ver seção 3.10.2), estabelecendo assim, uma padronização e atribuindo um significado ao ato da comunicação. Na representação da mensagem no formato KQML é usada a linguagem XML (W3C, 2003), definindo os parâmetros do KQML através de *tags* XML, ou seja, as mensagens que seguem o formato KQML estão “empacotadas” em mensagens XML. É importante salientar o uso do XML na comunicação interagentes, como proposto em LOSS (2003). Se com o KQML o problema da interoperação semântica tende a ser resolvido, o da sintática não, uma vez que o padrão KQML abstrai-se da

implementação. Usar o XML – um padrão para a representação de dados cada vez mais usado em aplicações – possibilita que sistemas troquem dados em formatos chamados neutros.

Um exemplo de mensagem KQML utilizada na aplicação é apresentado a seguir:

```
(sorry
:reply-with NONE
:in-reply-to AN-BO/001-03
:sender Empresa Alfa
:receiver Broker)
```

Nesta mensagem, *sorry* é a performativa KQML indicando que seu emissor recebeu e compreendeu a mensagem que lhe foi enviada, mas que não fornecerá respostas. No contexto da aplicação a mensagem significa que seu emissor, a “*Empresa Alfa*”, informa ao receptor, o “*Broker*”, que **não** pretende participar do processo de escolha para a formação de uma empresa virtual que atenderá à oportunidade de negócio identificada pelo código “*AN-BO/001-03*”. A mesma mensagem representada em XML fica na seguinte forma:

```
<KQML>
<performative name="sorry">
  <reply_with>NONE</reply_with>
  <in_reply_to>AN-BO/001-03</in_reply_to>
  <sender>Empresa Alfa</sender>
  <receiver>Broker</receiver>
</performative>
</KQML>
```

As mensagens KQML possuem um conjunto de performativas que pode ser estendido, permitindo ainda que seja utilizado apenas um subconjunto daquelas já definidas. Para a aplicação são utilizadas as performativas *ask-one*, *reply* e *sorry*. “*Ask-one*” é utilizada nas mensagens onde é realizada alguma requisição, como nas requisições por informações da empresa e por propostas a um anúncio. A performativa “*Reply*” é usada em respostas àquelas requisições, onde são apresentados resultados como os dados da empresa ou a proposta de realização de tarefa(s). Mensagens com a performativa “*sorry*” também são respostas às requisições, indicando que o emissor não enviará resposta à requisição efetuada, sendo utilizada para respostas negativas aos anúncios resumido e completo.

Como explanado na seção 3.10.2, o KQML ignora o campo *content* da mensagem, onde está o conteúdo propriamente dito, permitindo assim, que seja transportada uma mensagem expressa em qualquer linguagem de representação. Portanto, é necessário definir como serão

representadas as mensagens a serem trocadas. Mensagens `ask-one` e `reply` possuem conteúdo expresso na linguagem XML e seu parâmetro `language` indica XML, como no exemplo a seguir:

```
<KQML>
  <performative name="reply">
    <content>
      <?xml version='1.0' encoding='utf-8'?>
        <!DOCTYPE BID SYSTEM "Proposta.dtd">
          <Proposta>
            <cjtMolde>
              <codMolde>Mld001/001-03</codMolde>
              <custoProducao>50.000,00</custoProducao>
              <dataEntrega>31/05/2003</dataEntrega>
            </cjtMolde>
          </Proposta>
        </content>
      <language>XML</language>
      <ontology>Moldes e Matrizes</ontology>
      <reply_with>NONE</reply_with>
      <in_reply_to>AN-BO/001-03</in_reply_to>
      <sender>Empresa Alfa</sender>
      <receiver>Broker</receiver>
    </performative>
  </KQML>
```

Nesta mensagem, a “Empresa Alfa” está enviando uma proposta para a execução de um molde identificado pelo código “Mld001/001-03” ao “*Broker*”. A proposta é também uma mensagem XML e está contida no parâmetro `content`, porém, obedece outro modelo de documento XML que aquele que rege a mensagem KQML. Existem mensagens utilizadas na aplicação que não possuem conteúdo, ou seja, o parâmetro `content` não está presente, como no caso das mensagens `sorry`.

A definição das mensagens XML de Anúncio, Proposta e Requisição de informações é feita através dos chamados DTDs (do inglês *Document Type Definition*), sendo que cada uma destas mensagens, incluindo a mensagem KQML, possui um DTD¹² próprio. Através do DTD é feita a validação do documento XML, garantindo que sua sintaxe está correta.

¹² Os DTDs das mensagens são apresentados no Anexo B.

5.3 Dinâmica do sistema

Quando o sistema é iniciado, o primeiro agente a ser ativado deve ser o Gerenciador do Grupo para que cada Agente Empresa *Aglet* possa registrar-se. A Figura 5-1 apresenta a interface do Agente Gerenciador do Grupo exibindo alguns eventos ocorridos, como registro, remoção de um indivíduo e a requisição da lista dos membros.

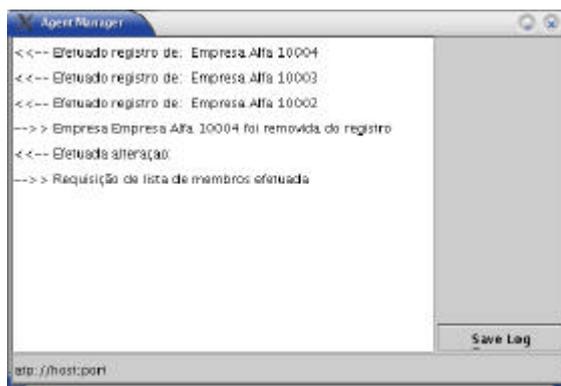


Figura 5-1 Interface do Agente Gerenciador do Grupo

A localização do Gerenciador é pré-determinada e todo agente sabe de antemão aquele local. Porém, é possível alterar a referência ao endereço do Gerenciador que o agente possui, através da interface do Agente Empresa *Aglets*. Há um agente Empresa *Aglets* em cada empresa do grupo e sua interface é apresentada na Figura 5-2.

Através desta interface, o usuário (*Broker* humano) efetua o registro do agente junto ao Agente Gerenciador, realizando a “entrada” da empresa no *cluster* de empresas. Também através desta interface, o usuário cria o Agente *Broker*, quando inicia então um processo de busca e seleção.



Figura 5-2 Interface do Agente Empresa *Aglets*

Nesta interface são apresentadas as ações que acontecem durante todo o processo, como o registro junto ao Gerenciador, o recebimento de requisições, o envio de respostas, entre outras.

Quando o usuário inicia o processo de busca e seleção, estará determinando a criação do Agente *Broker* responsável por este processo. A interface do Agente *Broker* é apresentada na Figura 5-3. Através desta interface, o usuário cria os agentes Móveis: Mensageiro, Pesquisador e Negociador.

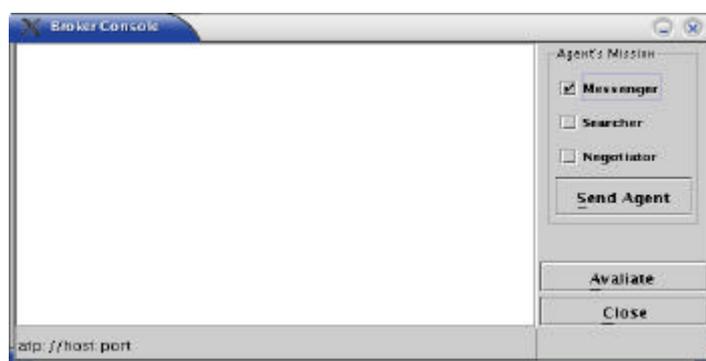


Figura 5-3 Interface do Agente *Broker*

Na Figura 5-4 está representado o diagrama de atividades UML das ações principais do processo, desde a criação dos anúncios de uma oportunidade de negócio, até a concessão de contrato aos indivíduos selecionados.

A partir da oportunidade de negócio são gerados os anúncios resumido e completo (Atividade Criar Anúncios Resumido e Completo). No momento da criação do Agente *Broker* é solicitada, ao Gerenciador do Grupo, a relação de quais são os atuais membros do grupo. Desta relação são eliminados os integrantes cujo perfil não seja necessário ao processo, resultando então a lista de empresas a serem consultadas, que são então, os destinatários (Atividade Selecionar Destinatários).

O envio do anúncio resumido (Atividade Enviar Anúncio Resumido) é realizado através de um agente móvel Mensageiro, cuja criação é determinada por ação do usuário. Este anúncio é carregado a partir de um arquivo XML e então, validado pelo agente *Broker* e convertido para um objeto que o agente móvel é capaz de transportar.

A Figura 5-5 apresenta uma interface de um agente Mensageiro onde pode-se definir uma mensagem a ser exibida no destino, carregar os Anúncios a serem entregues e ainda, efetuar alguma modificação no itinerário do agente, quando for necessário.

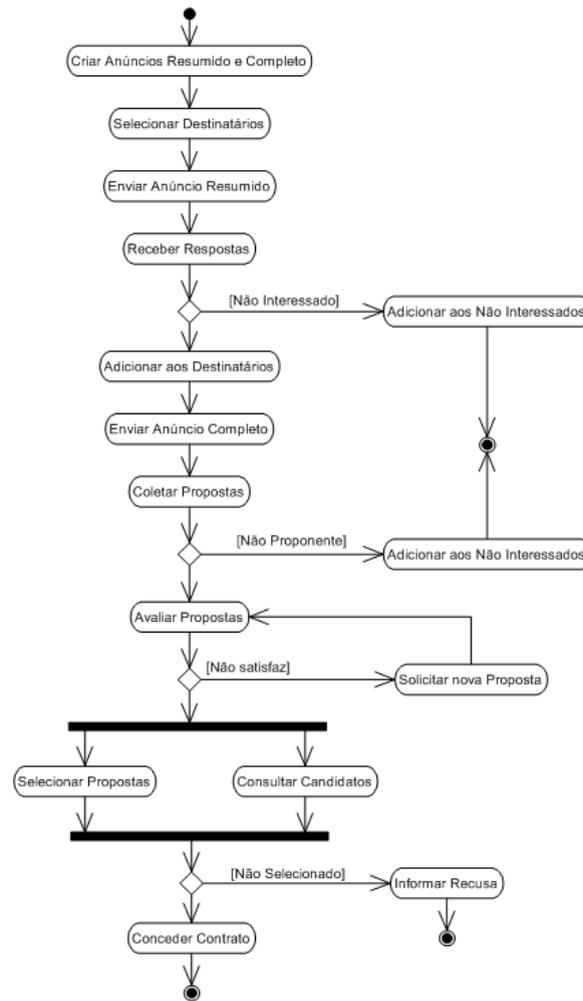


Figura 5-4 Diagrama de atividades

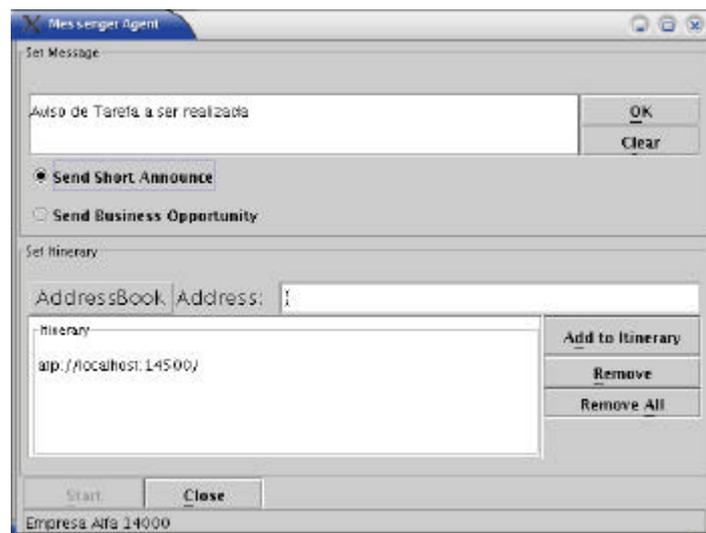


Figura 5-5 Interface do Agente Mensageiro

Cada Agente Empresa *Aglets*, como representado na Figura 5-6, assim que recebe o resumo do anúncio (passo 1) exibe os dados desta oportunidade ao responsável da empresa através de uma interface de usuário (passo 2) como a que está representada na Figura 5-7. O Agente Empresa *Aglets* prepara a resposta do usuário em um formato adequado através do empacotamento em KQML e XML e então, envia uma mensagem (passo 3) ao Agente *Broker*. Se a empresa pretende participar do processo, é enviada uma mensagem “reply” com o código do Anúncio, senão, é enviada uma mensagem “sorry”.

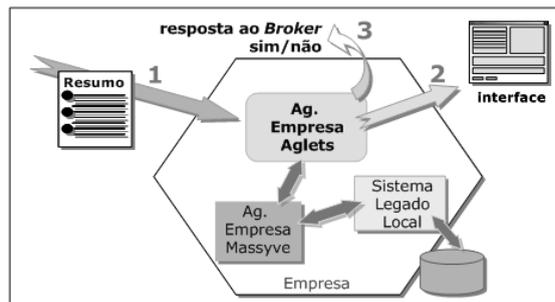


Figura 5-6 Recebimento do Anúncio, apresentação da Interface e resposta ao *Broker*

A Figura 5-8 detalha a situação de respostas ao anúncio resumido (passo 1) sendo enviadas pelas várias empresas ao Agente *Broker*, o qual monta uma relação das empresas candidatas (passo 2) e que continuam sendo consideradas nos próximos passos. Esta lista de candidatos é repassada ao Agente Móvel Mensageiro (passo 3) sob a forma de um itinerário base a ser cumprido para a entrega do anúncio completo.

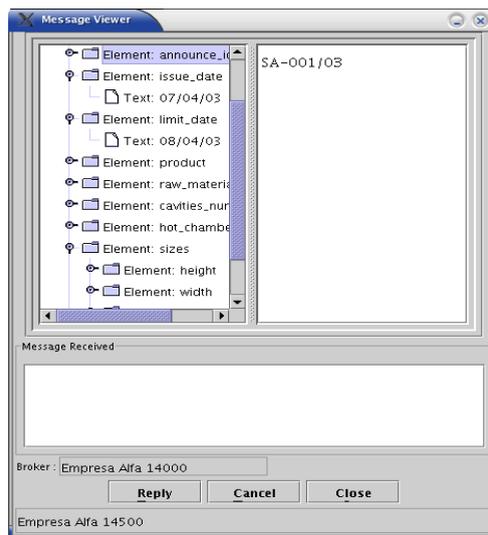


Figura 5-7 Interface apresentando o Anúncio resumido

Ao receber as respostas ao anúncio resumido é feita a seleção dos interessados e não interessados, sendo que os interessados serão os destinatários da próxima atividade, o Envio do

Anúncio Completo. O Agente *Broker* envia o anúncio completo através de outro Agente Móvel Mensageiro.

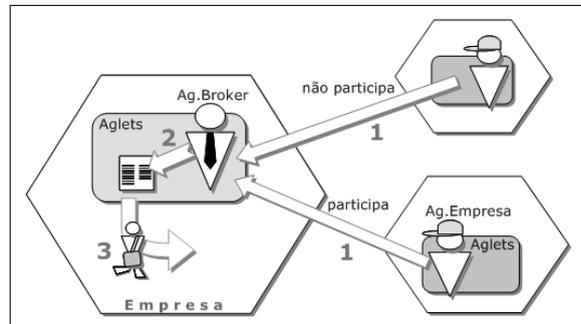


Figura 5-8 Fase de Resposta

No protótipo, este agente móvel é criado através de uma ação do usuário, momento no qual o anúncio completo é carregado ao agente *Broker*. Este anúncio também está representado através de um arquivo XML, que é validado e transformado para um objeto que o agente transportará.

O itinerário base deste agente móvel Mensageiro é composto pelas empresas que se candidataram para a realização de tarefas. Assim, o agente se desloca até cada uma das empresas e entrega o anúncio completo. Novamente é criada uma interface de usuário, semelhante àquela da Figura 5-7, que exibe os dados recebidos e permite efetuar a resposta. Para elaborar uma proposta, é exibida uma interface como a que está detalhada na Figura 5-9, onde o usuário informa os dados solicitados, por exemplo: custo da produção e prazo de entrega.

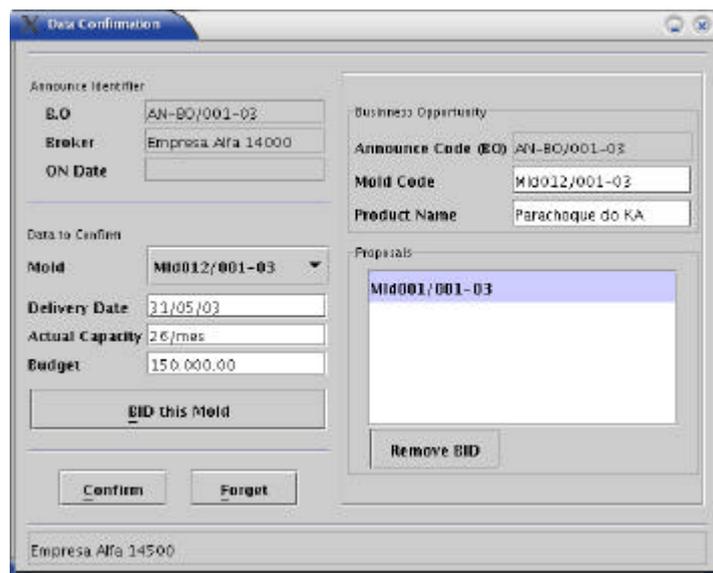


Figura 5-9 Interface para composição da resposta à Oportunidade de Negócio

A atividade Coletar Propostas (ver Figura 5-4) tem dois tipos de tratamento para as propostas. No pacote de moldes recebido pelas empresas, podem existir moldes com restrições de negociação e outros sem tais restrições. Por exemplo, considere o caso onde um cliente necessita a fabricação de quatro moldes e dentre estes há dois com urgência para a entrega. Para estes dois moldes são estabelecidas restrições quanto ao prazo de produção, já para os outros dois moldes não há restrições. Portanto, propostas para moldes com restrições, tanto de prazo quanto de custo, podem ocasionar a realização de negociação. O fato de possuir restrições determina o tratamento diferenciado para o envio das propostas, onde propostas para moldes que não possuem restrições são enviadas diretamente ao agente *Broker* e propostas para moldes com restrição ficam à espera do Agente Negociador.

Se a empresa desiste de continuar no processo, o Agente Empresa *Aglets* cria uma mensagem “sorry” contendo o código do Anúncio e a envia para o Agente *Broker*. O *Broker* eliminará as empresas que enviaram respostas “sorry” da lista de candidatos, permanecendo apenas as empresas que apresentarão propostas para o pacote de moldes. Assim, as empresas são classificadas como Não Interessadas ou continuam sendo consideradas como Candidatas.

Quando uma proposta é coletada na empresa proponente, esta busca é realizada pelo Agente Negociador que migra até cada empresa e obtém as propostas ao pacote de moldes. Quando o Agente Negociador é criado, recebe a relação dos moldes e suas restrições, a qual está representada em XML e é configurada através da interface mostrada na Figura 5-10. Esta relação é privada à utilização do agente Negociador, que confronta as propostas recebidas com os valores estipulados. Esta “confrontação” é a análise que o agente Negociador faz enquanto está na empresa visitada (Atividade Avaliar Propostas da Figura 5-4). Para propostas que estão fora dos limites definidos, o Agente Negociador requisita uma reavaliação por parte do proponente (Atividade Solicitar nova Proposta da Figura 5-4), apontando quais são as propostas e quais quesitos estão inadequados, sendo então apresentada uma interface ao usuário. Nesta interface (Figura 5-11), fica indicado ao usuário qual a razão da reavaliação solicitada e apresentando em destaque o quesito inadequado. O Agente Negociador não informa quais são os valores limite daqueles quesitos para não prejudicar o resultado final, pois ao informá-los às empresas, permite que estas “sempre” efetuem propostas com valores máximos. Não disponibilizar estes valores é uma forma de manter em segredo a estratégia de negociação e também contribuir para a obtenção de boas propostas.

No momento que as propostas recebidas estão de acordo com as restrições, o Agente Negociador armazena estas informações e parte para o próximo destino onde reinicia um processo

de coleta e avaliação das propostas. Após percorrer todas as empresas, retorna à sua origem e entrega todos as propostas para o Agente *Broker*.

Figura 5-10 Configuração dos quesitos de negociação

Figura 5-11 Interface para reavaliação de proposta

Para coletar informações nas empresas do grupo, o Agente *Broker* cria o agente Móvel Pesquisador, que migra até as empresas e requisita informações, realizando a atividade de Consulta aos Candidatos. Os itens que devem ser informados pelas empresas estão representados em XML e são empacotados numa mensagem KQML com a performativa “Ask-one”. Finalmente, esta mensagem é transformada num objeto adequado para ser transportado pelo agente móvel Pesquisador. O agente Pesquisador entrega esta mensagem ao agente Empresa *Aglets*, que faz o

processamento e exibe ao usuário a requisição por informações. A resposta também é modelada em XML, sofre o empacotamento e é entregue ao agente Móvel Pesquisador.

Todo o processamento dos resultados coletados pelo Agente Negociador e as decisões sobre as possíveis combinações de empresas para formar a EV, são realizados no ambiente de execução do Agente *Broker* (Atividade Selecionar Propostas). Isto é feito para que as combinações sejam montadas sem correr o risco de sofrerem uma alteração por uma das partes interessadas e também para não sobrecarregar o Agente Negociador com tarefas complexas.

Neste momento o Agente *Broker* efetua a análise de todas as propostas coletadas juntamente com aquelas que eventualmente tenha recebido diretamente dos Agentes Empresa *Aglets*. O Agente *Broker* realiza todas as combinações possíveis e apresenta-as ao usuário (*Broker* humano) através de uma interface como a apresentada na Figura 5-12.

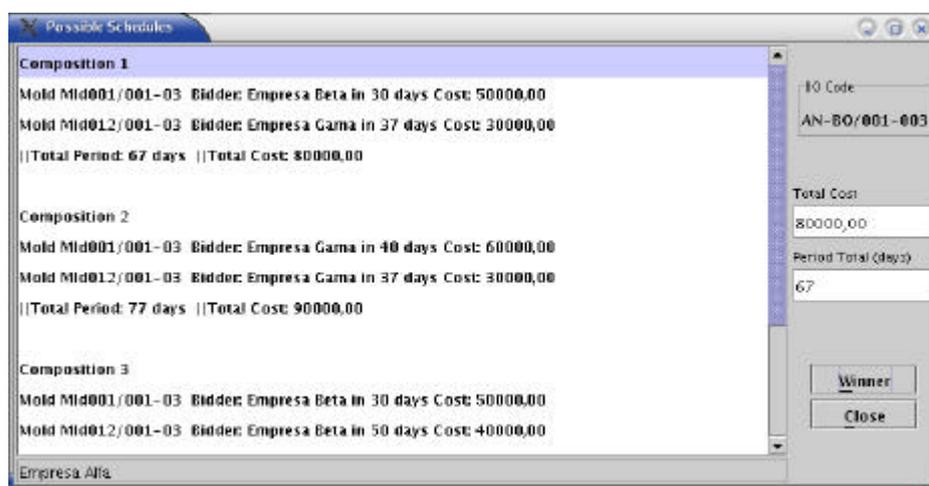


Figura 5-12 Resultado das combinações de EVs possíveis

Após o *Broker* humano selecionar a composição que julgar mais adequada, é gerado um arquivo XML com esta combinação, armazenando informações sobre quem são os escolhidos e seus respectivos moldes. Estas informações servem como entrada para a próxima etapa da EV que é a configuração propriamente dita, onde são especificadas: as tarefas e seus executores; as responsabilidades; definem-se os contratos e em seguida a EV entre em operação. Todas as combinações geradas são armazenadas para uma eventual análise futura, onde poderão servir como base para novos processos, como informação para auditorias ou então gerar informações estatísticas, entre outras possibilidades.

Após efetuar a seleção, as empresas que elaboraram propostas são informadas se foram selecionadas ou não (Atividades Conceder Contrato e Informar Recusa da Figura 5-4), para que

possam tomar as decisões sobre a utilização dos recursos, como por exemplo, desfazer a reserva no caso de não ter sido selecionada.

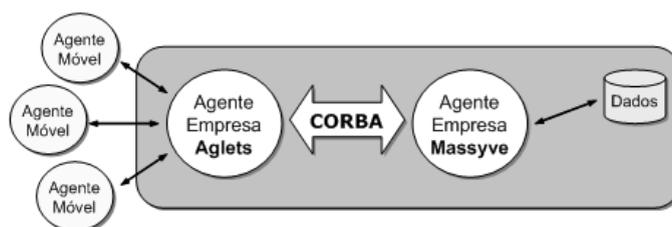
5.4 Considerações sobre a Implementação

O sistema de agentes móveis *Aglets* possui uma arquitetura separada em duas camadas: uma de comunicação e uma de aplicação que permite a utilização de diferentes meios para a comunicação entre os agentes, baseado no padrão de interoperabilidade MAF (OMG, 2000). No ASDK 2.0.2, empregado neste trabalho, são oferecidos como infra-estrutura de comunicação entre plataformas os protocolos ATP (*Agent Transfer Protocol*) e o Java RMI (*Remote Method Invocation*). Devido às boas vantagens do protocolo RMI como um *middleware* de comunicação para sistemas distribuídos quando comparado com o protocolo ATP, este está sendo adotado neste trabalho.

O esquema de segurança para sistemas de agentes móveis, abordado na seção 4.7, e adotado neste trabalho, ainda não está totalmente implementado. Atualmente, o procedimento para o estabelecimento do canal seguro encontra-se implementado e integrado à plataforma *Aglets*, adotando como infra-estrutura de comunicação segura, o RMI sobre o SSL. Tal procedimento já garante a integridade e a confidencialidade durante os saltos do agente.

A linguagem Java 2 possui um modelo que visa prover segurança para um ambiente de execução no qual um código deve ser executado; isso implica que algumas ações dos agentes podem ser restringidas caso não possuam as devidas permissões. Como o esquema para a geração de domínios de proteção, descrito na seção 4.7, que visa permitir ao agente móvel carregar consigo suas credenciais (os privilégios concedidos pelas empresas) e com isso definir suas ações nas plataformas das empresas, ainda não está totalmente implementado, todas as permissões foram liberadas nas máquinas virtuais Java onde os agentes serão executados.

Em cada sítio do sistema (no caso, uma empresa) o Agente Empresa *Aglets* precisa realizar a comunicação com o Agente Empresa *Massyve* através de um *middleware* CORBA já que estes estão implementados em diferentes linguagens. Para isto, criou-se uma ponte de tradução entre as duas arquiteturas de agentes. Quando se precisa trocar alguma mensagem com algum agente do outro sistema, esta comunicação é feita através dos dois agentes Empresa que implementam uma interface CORBA especial, conforme ilustrado na Figura 5-13.



21

Figura 5-13 Ponte de comunicação entre as plataformas de agentes

Convém ressaltar que o uso do CORBA fica restrito aos agentes Empresa *Aglets* e Empresa *Massyve*. Pelo fato de que os agentes móveis realizam comunicação somente com os agentes Empresa *Aglets*, não há necessidade de utilizar CORBA nesta interação.

Na implementação do protótipo procurou-se utilizar ferramentas de código aberto ou então de ferramentas com uso livre para aplicações acadêmicas.

-Plataforma Aglets ASDK 2.0.2 (AGLETS, 2002)¹³, uma iniciativa de código aberto sob licença pública da IBM. Utilizado para implementar os agentes do sistema e possibilitar o uso de agentes móveis, explorando suas vantagens;

-Plataforma Massyve Kit 3.0 (MASSIVE, 2002), kit para a implementação de agentes estacionários de uso livre para aplicações acadêmicas;

-Linguagem de Programação Java 2 J2SDK 1.4.0¹⁴;

-ORB Orbacus 3.3.4, código livre para fins acadêmicos;

- ORB ACE 1.3 (TAO);

-IDE Eclipse 2.0¹⁵ – Ambiente Integrado de Desenvolvimento, possui código aberto e está sob licença pública da IBM, utilizado para a implementação do código dos agentes *Aglets*;

-IDE NetBeans 3.3.4¹⁶ – Ambiente Integrado de Desenvolvimento, possui código aberto e está sob licença pública da SUN, utilizado para o desenvolvimento de interfaces gráficas.

¹³ <http://sourceforge.net/projects/aglets>

¹⁴ <http://java.sun.com/>

¹⁵ <http://www.eclipse.org/>

¹⁶ <http://www.netbeans.org/>

5.5 Particularidades ao Cenário *TechMoldes*

*TechMoldes*¹⁷ é um grupo de empresas ligadas ao ramo de ferramentaria, mais especificamente na fabricação de Moldes e Matrizes para a produção de peças injetadas ou por conformação, respectivamente. O grupo de empresas está localizado na cidade de Caxias do Sul, sendo que cada empresa está geograficamente distribuída, e que apesar de atuarem no mesmo ramo e algumas serem concorrentes entre si, possuem habilidades, capacidades e recursos diferentes umas das outras. Oportunidades de negócio visadas pela organização são compostas principalmente por pedidos de fabricação de conjuntos de moldes e matrizes, os chamados “pacotes de moldes”, cujas diversidade e quantidade dificultam o rápido atendimento por uma única empresa. Para isso, os n moldes (e matrizes) são distribuídos entre empresas selecionadas para atender da melhor forma quanto ao prazo e custo de produção. Uma empresa pode realizar mais de um molde do pacote, porém, cada molde deve ser feito por uma única empresa, não sendo permitida a sub-contratação das atividades necessárias à fabricação daquele. Esta é uma usual imposição dos clientes, principalmente por critérios de qualidade. Algumas questões que são particulares ao problema de busca e seleção de empresas no cenário *TechMoldes* são detalhadas a seguir:

O objetivo da formação desse grupo é de somar habilidades e capacidades dos integrantes, porém, respeitando a individualidade de cada um. Isto significa que mesmo integrando o grupo, há questões relacionadas a cada empresa que devem ser preservadas, principalmente quando se tratar de estratégias e interesses particulares a cada empresa. Assim, toda empresa continua tendo suas atividades fora do grupo, podendo fechar contratos e fabricar produtos, entre outras atividades, independente do restante do grupo. A questão da individualidade é mantida também com relação à pessoa que faz o contato com o cliente na obtenção de uma ON para o grupo, ou seja, cada empresa participante pode trazer ONs para o grupo, não é tarefa exclusiva de uma única empresa ou mesmo pessoa, identificar e introduzir oportunidades de negócio ao grupo.

Como as oportunidades de negócios apresentadas ao grupo *TechMoldes* são referentes a Moldes e Matrizes, a Figura 5-14 apresenta um exemplo do conteúdo de um anúncio resumido, onde estão apenas as informações suficientes para dar uma noção do que se pretende produzir.

¹⁷ Nome fantasia.

Anúncio Resumido	
Código do Anúncio:	
Emissor:	
Data de Emissão:	
Data Limite:	
Produto:	Molde
Matéria-prima:	
Número de cavidades:	
Injeção em câmara quente:	()Sim ()Não
Dimensões do Molde	Altura:
	Largura:
	Comprimento:
Peso do molde (kg):	
Porta-molde padrão:	()Sim ()Não

Figura 5-14 Anúncio Resumido

A Figura 5-15 apresenta um exemplo de conjunto de informações constantes num anúncio completo:

Anúncio Completo	
Dados do Anúncio	Dados do Molde
Código do anúncio:	Descrição do Molde:
Emissor:	Número de Cavidades:
Data Emissão:	Configuração do Molde ()Câmara Fria
Data Limite:	()3ª Placa
	()Câmara Quente
Descrição do Produto	
Nome do Produto:	Porta-molde ()Padrão
Número (cliente) :	()Outro:
Matéria-Prima:	Injeção:
Fabricante/Código:	Extração Principal ()Pinos
Quantidade/Ano:	()Placas
Dimensões Máximas(mm) Comprimento:	()Ar
Largura/Diâmetro:	Extração Secundária ()Mecânica
Profundidade:	()Pneumática
Peso (gramas) :	()Hidráulica
Máxima precisão dimensional:	Refrigeração:
Qualidade superficial:	Tipo de Refrigeração:
Gravações:	Roscas Conectores:
Dados de Geometria ()Peça física	Lados limitados:
()2D	Material
()3D	Porta-molde:
Análise de CAE ()Sim ()Não	Macho:
Tipo de Geometria ()Rotacional	Fêmea:
()Não Rotacional	Gavetas:
	Projeto CAD do molde
Descrição Máquina Injetora	
Marca:	Diâmetro:
Modelo:	Refrigeração ()Sim
Capacidade:	()Não
Bico:	Acionamento:

Figura 5-15 Anúncio Completo

Uma política adotada pelo grupo diz respeito à figura do *Broker*, o qual não deve ser fixo para que não sejam levantadas dúvidas quanto ao processo que será realizado, a prática adotada então é de que a empresa que identificou e introduziu a ON ao grupo, passará a atuar como *Broker* para aquela determinada ON.

A política de escolha de coordenador da EV definida pelo grupo, é de que a empresa que apresentar os menores valores referentes ao custo de produção e prazo de entrega, passará a exercer tal função.

5.6 Análise de Desempenho

Para se ter indicadores do desempenho dos agentes *Aglets* usando como infra-estrutura de comunicação o Java RMI, foram realizados testes que avaliaram o tempo gasto por um agente móvel ao efetuar um salto entre dois ambientes de execução. Estes valores foram comparados aos valores de tempo obtidos com o envio de mensagens RMI entre dois pontos em uma rede.

Os testes consistiram de 1000 iterações, divididas em 10 execuções. O objetivo do teste foi avaliar o comportamento do tempo gasto em relação à quantidade de dados sendo transportada pelo agente ou então sendo enviados em uma mensagem, o que será chamado de “carga de dados”. A carga de dados transportada pelo agente foi simulada através de um vetor de *bytes*, no qual a carga de dados máxima foi de 1 MB (um megabyte). Após as medições de valores para carga de dados 0 (zero), foi utilizado uma carga de dados de 128 bytes que em seguida foi sendo duplicada até atingir o valor máximo. A medição dos tempos foi feita utilizando chamadas que obtêm a hora do sistema de origem do agente/mensagem no momento do primeiro envio e ao final do último recebimento, então efetua-se a média.

Foram utilizados dois tipos de agentes nos testes. Um destes tipos, é um agente móvel, identificado na Tabela 5-1 através do rótulo “Agente Móvel”, que se desloca de um ambiente de execução *A* para um ambiente de execução *B*, de onde faz o caminho inverso. Este agente não realiza nenhum tipo de função no sistema de destino a não ser invocar o método para seu retorno à origem. Desta forma, os valores de tempo gastos com processamento local são afetados somente pelo processamento da preparação para o seu envio. O segundo tipo de agente empregado nos testes, e identificado através do rótulo “Mensagem Agente”, representa a situação em que dois agentes estacionários trocam mensagens, ou seja, é um agente que apenas realiza trocas de mensagens com outro agente, sendo que um encontra-se no ambiente de execução *A* e o outro no ambiente *B*. A interação entre estes agentes inicia com o envio de uma mensagem do agente em *A* para o agente em *B*, que ao receber a mensagem, envia uma resposta ao agente em *A* contendo a mesma carga de dados da mensagem recebida. Os valores da Tabela 5-1 que estão sob o rótulo “Mensagem RMI”, são os tempos onde não há agentes envolvidos na troca de mensagens, somente objetos RMI.

A simulação foi realizada com dois microcomputadores conectados por uma rede *Fast Ethernet* com taxa de transmissão de 100Mbps; tendo em uma das máquinas o Sistema Operacional GNU/Linux e na outra o Windows NT 4.0.

A Tabela 5-1 apresenta os valores (em milissegundos) obtidos nos experimentos.

ms bytes	Mensagem RMI	Mensagem Agente	Agente Móvel
0	1,7	8,3	21,7
128 B	2,3	8,5	21,8
256 B	2,9	8,7	21,9
512 B	2,4	9,9	23
1 KB	2,8	10	23,2
2 KB	3,1	10,2	24,9
4 KB	3,5	11	27
8 KB	4,2	12,9	33,3
16 KB	5,9	13,2	41,7
32 KB	9	19,9	56,7
64 KB	16,7	45,8	87,2
128 KB	32,1	92,5	136,9
256 KB	66,6	201,7	256,6
512 KB	187	317,8	438,3
1 MB	299,1	646,2	733,7

Tabela 5-1 Resultados obtidos nos testes

O gráfico da Figura 5-16 mostra o comportamento do tempo em relação à quantidade de dados transportados pelo agente móvel, pela mensagem trocada entre agentes e pela mensagem puramente em RMI utilizada.

Os resultados mostraram que o tempo do salto do agente móvel não sofre influência significativa da carga de dados sendo transportada até um valor aproximadamente de 8Kbytes de dados. O envio de mensagem através do agente possui pouca influência até uma quantidade aproximada de 32Kbytes. E as mensagens puramente RMI começam a sofrer influência a partir de uma quantidade de 64Kbytes, aproximadamente.

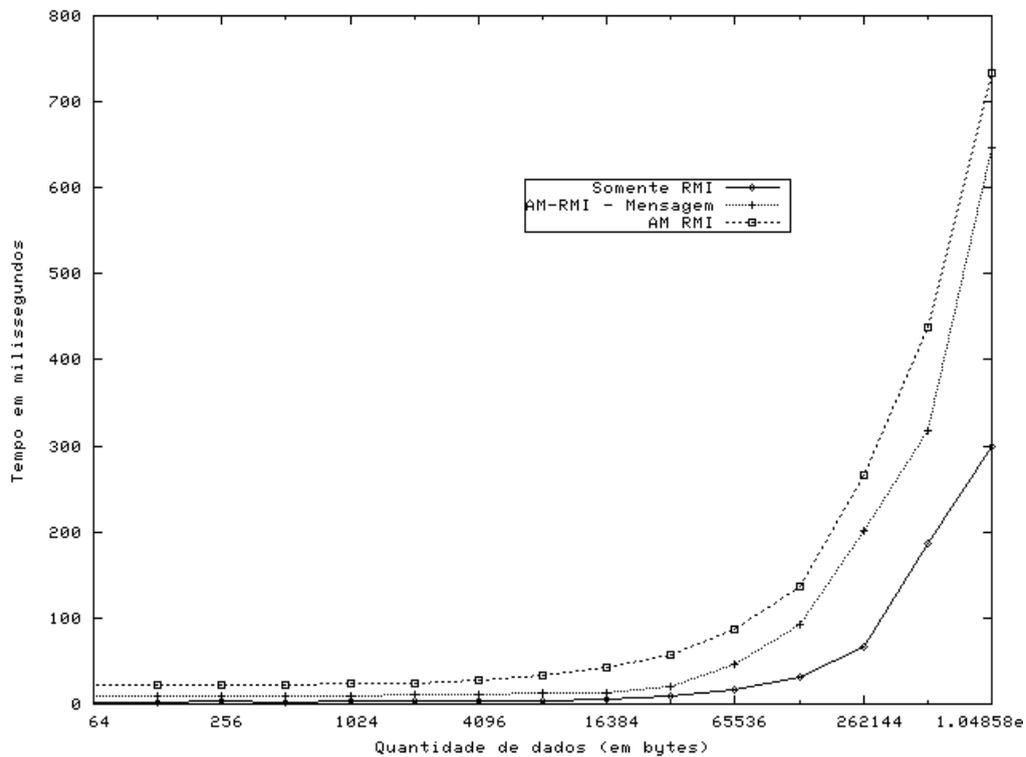


Figura 5-16 Gráfico da relação tempo x carga de dados transportada

Um dado que é importante ressaltar é a taxa proporcional entre as 3 avaliações, como por exemplo, o envio do agente móvel inicialmente apresenta um tempo aproximadamente 13 vezes superior ao tempo gasto para o envio de uma mensagem puramente RMI; à medida que a quantidade de dados cresce, esta proporção cai para aproximadamente 3 vezes. Ou seja, estes dados comprovam que à medida que a quantidade de dados cresce, a latência da rede passa a ser ditada por este fator, e que a sobrecarga causada pelo tamanho do agente no tráfego já não influencia tal valor. Sendo assim, o emprego de agentes móveis mostra-se mais eficiente quando a carga de dados transportada tiver um tamanho que provoca uma grande latência na rede, desprezando assim o custo do processo de serialização do agente.

Para este protótipo não é possível determinar valores de referência quanto ao tempo gasto no processo de busca e seleção, devido ao fator de ser uma tarefa que depende de interação humana. Para fins de prover apenas uma noção do desempenho geral, foi realizada uma simulação onde 10 empresas efetuam propostas para 4 moldes. Como são necessários 3 envios de agente e 11 saltos (10 empresas mais a origem do agente) para executar todo o ciclo de anúncio e coleta de propostas, e tendo um anúncio com 10Kbytes de tamanho, estima-se um tempo de aproximadamente 700ms. Este tempo considera 33 saltos, cada um levando um tempo de 22 ms. Nesta simulação foram geradas 10000 combinações, ou seja, é possível formar 10000 EVs a partir dos resultados coletados, sendo que o processamento para a geração das combinações demorou

aproximadamente 200 ms. Convém salientar que tais informações quanto aos tempos são bastante otimistas, porém, não estão computados nestes os tempos gastos na ação do usuário. Sua finalidade é tão somente dar uma noção sobre o processo. Na prática, cada uma das fases descritas nas seções 4.4.1 a 4.4.7 necessita de tempo para avaliação e tomada de decisão, o que é realizado em cada uma das empresas sendo consultadas, assim, o tempo dominante para o processo como um todo é o tempo gasto pelos responsáveis nas empresas ao avaliar as tarefas da ON e montar suas propostas para a execução das subtarefas que lhes interessam.

5.7 Conclusões do Capítulo

Neste capítulo foi descrito o protótipo implementado destacando seus elementos e a sua dinâmica durante as fases do processo de Busca e Seleção de parceiros. As particularidades do Cenário TechMoldes, adotado neste trabalho, foram abordadas visando adaptar o modelo proposto. Considerações sobre os requisitos de desempenho, escalabilidade, interoperabilidade, portabilidade e segurança para o sistema implementado foram descritas, avaliando a aplicabilidade deste sistema em ambientes distribuídos de larga escala, como a Internet.

Capítulo 6

Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros

Este trabalho apresenta e discute o problema da Busca e Seleção de parceiros para a formação de Empresas Virtuais (EV), as quais têm se mostrado um paradigma emergente de modelo de cooperação entre empresas e como solução interessante para que empresas de pequeno e médio porte possam se tornar mais competitivas frente à realidade do mercado. As características presentes nas Organizações Virtuais (grupos de empresas para formar EVs), tais como a distribuição geográfica das empresas, as diferentes infra-estruturas de TI dessas empresas, a necessidade da construção da confiança entre as empresas e a exigência por flexibilidade para a formação e a operação das EVs, têm exigido que sistemas de auxílio à Busca e Seleção de parceiros sejam flexíveis, eficientes e seguros.

Este trabalho teve como objetivo propor um sistema que implemente um modelo conceitual para o processo de Busca e Seleção, baseado em uma arquitetura híbrida e descentralizada que incorpora as vantagens dos agentes móveis e estacionários e que se mostra adequado para ambientes heterogêneos e de larga escala que requeiram flexibilidade, escalabilidade, interoperabilidade, portabilidade e segurança. O uso de uma biblioteca de missões permite a criação de agentes mais flexíveis e adequados às suas tarefas, permitindo a reutilização de missões e a combinação destas. A forma como a EV está estruturada permite a inclusão de empresas de forma dinâmica, suportando assim o requisito da escalabilidade. A adoção de padrões em vários níveis para prover interoperabilidade e a portabilidade, também foi considerada na concepção do sistema.

Como o sistema proposto possibilita a existência de mais de um *Broker* dentro de uma Organização Virtual, este descentraliza as atividades de tomada de decisão, contribuindo assim

para a construção da confiança entre as empresas participantes. As preocupações com a segurança que dificultam a adoção dos agentes móveis e prejudicam a construção da confiança, motivaram a adoção de um esquema de segurança que visa estabelecer um canal seguro entre as plataformas de agentes móveis, proteger estas plataformas e os próprios agentes. É importante salientar que a introdução de aspectos de segurança num sistema deste tipo é uma inovação quando comparada com os trabalhos conhecidos na área. A introdução desta atividade propiciou uma integração formal entre dois grupos de pesquisa do DAS, tendo originado inclusive uma publicação internacional (RABELO et al., 2003).

Quando comparado aos trabalhos relacionados, o sistema proposto se mostra mais adequado quanto ao volume de informações gerado pelas comunicações entre as empresas, em virtude da utilização da arquitetura híbrida de agentes, que emprega agentes móveis somente onde estes podem trazer vantagens reais para as funcionalidades pretendidas. Devido à flexibilidade apresentada no sistema, para a seleção de tarefas que cada empresa deseja atender, a abordagem seguida também se mostra mais democrática quando comparada aos trabalhos relacionados.

Um outro aspecto relevante contemplado neste trabalho foi o da consideração dos sistemas legados. Os vários trabalhos existentes na área sempre assumem uma integração hipotética com os sistemas das empresas. Neste trabalho propôs-se e foi implementada essa integração através da introdução de um agente estacionário em cada empresa e este se comunicando com o respectivo repositório de dados legado.

De forma a apresentar e analisar o sistema proposto em um cenário real, um protótipo foi definido e implementado tendo em vista uma Organização Virtual existente – a *TechMoldes*, que é composta por treze empresas ligadas ao ramo de ferramentaria, mais precisamente à fabricação de moldes e matrizes, as quais cooperam de forma temporária para atender oportunidades de negócios. Este trabalho englobou a necessidade de um número significativo de estudos de tecnologias e metodologias para serem aplicadas em um caso real. Neste sentido, foi necessário o estudo dos vários aspectos de comunicação em sistemas distribuídos (RPC, Sockets, RMI), CORBA, os ambientes de programação Java e de suporte aos agentes *Aglets* e *Massyve*, metodologias UML e de orientação a objetos, o protocolo multiagente KQML e a linguagem XML para a representação de dados. Representam portanto, uma série de assuntos, onde a preocupação base foi a de se usar padrões de interoperabilidade e portabilidade, mesmo que *de facto*, em todas as fases do sistema.

Como ponto para melhoria do sistema, pode-se citar a introdução de várias outras estratégias de negociação mais “inteligentes” na busca por melhores combinações de empresas e que seja melhor elaborada e capaz de analisar simultaneamente mais de um parâmetro para a

escolha, por exemplo o prazo de entrega e o custo de produção. Ainda, considerando o usual grande número de alternativas de EVs geradas, a aplicação de uma funcionalidade de apoio à decisão.

A necessidade de especialistas humanos na tomada de algumas decisões dentro do processo definido no modelo proposto prejudica a análise de desempenho do protótipo implementado, dificultando comprovar a aplicabilidade de alguns benefícios do paradigma de agentes móveis.

As preocupações com a segurança estão focadas somente nos sistemas de agentes móveis e, por conseqüência, todas as ameaças às quais o sistema híbrido de agentes está exposto não estão sendo contornadas, como por exemplo, a repudiação de algum recebimento ou envio de mensagens durante o processo por parte das empresas. Além disso, o esquema de segurança adotado não está totalmente implementado, impedindo a avaliação completa da sua aplicabilidade, eficiência e funcionalidade.

Visando contornar as limitações e incluir novas habilidades a este trabalho, o Sistema de Busca e Seleção de parceiros pode ser aprimorado para reduzir a necessidade de interação com especialistas humanos durante o processo e adicionar mais mecanismos segurança sem com isso prejudicar a eficiência do sistema. Outro ponto que pode ser aperfeiçoado no sistema proposto é o controle de *membership*, incluindo aspectos de tolerância a faltas, com isso procurando diminuir os riscos de se trabalhar com um único Gerenciador do Grupo para cada OV.

Sugere-se ainda como continuação para este trabalho, o desenvolvimento de agentes móveis com comportamento inteligente (aprender com as experiências), a serem usados, principalmente, em tarefas de negociação, aprimorando suas habilidades e possibilitando a obtenção de melhores resultados no processo de Busca e Seleção de parceiros. Isto significa a inclusão de missões inteligentes para os agentes móveis na biblioteca de missões proposta.

Finalmente, como passo imediato a ser executado, será feita a integração deste sistema desenvolvido com outro sistema (SC²), mais amplo e que cobre todo o ciclo de vida de uma EV: preparação da infra-estrutura, criação, configuração, operação/evolução e dissolução. O sistema desenvolvido será responsável, portanto, por suprir a funcionalidade de criação de EVs.

Anexo A

Diagramas de Classe

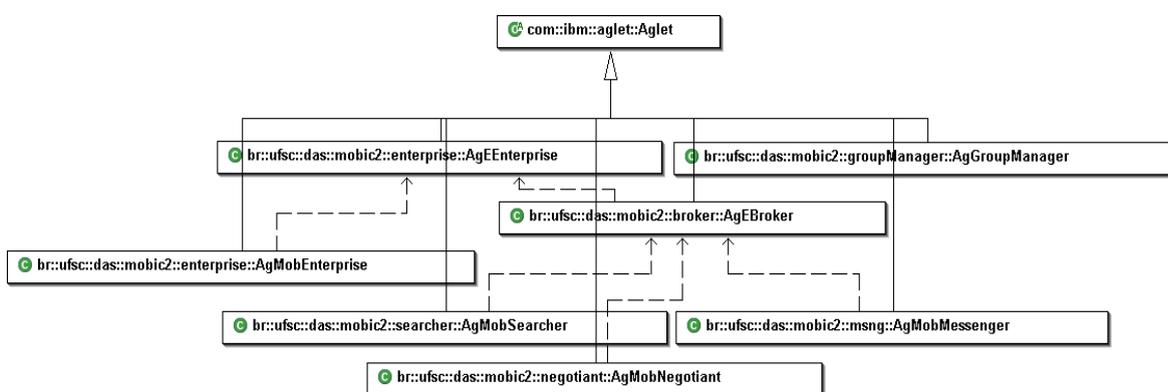


Diagrama 1 – Todos os Agentes

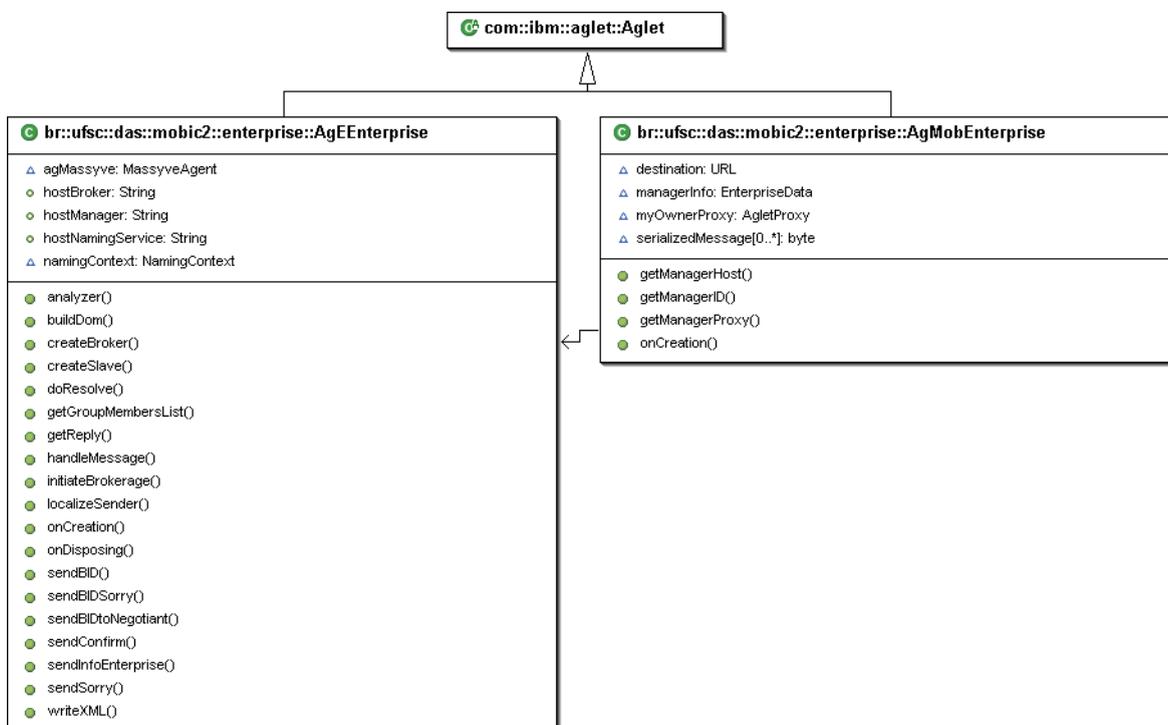


Diagrama 2 – Agentes Empresa Estacionário e Empresa Móvel

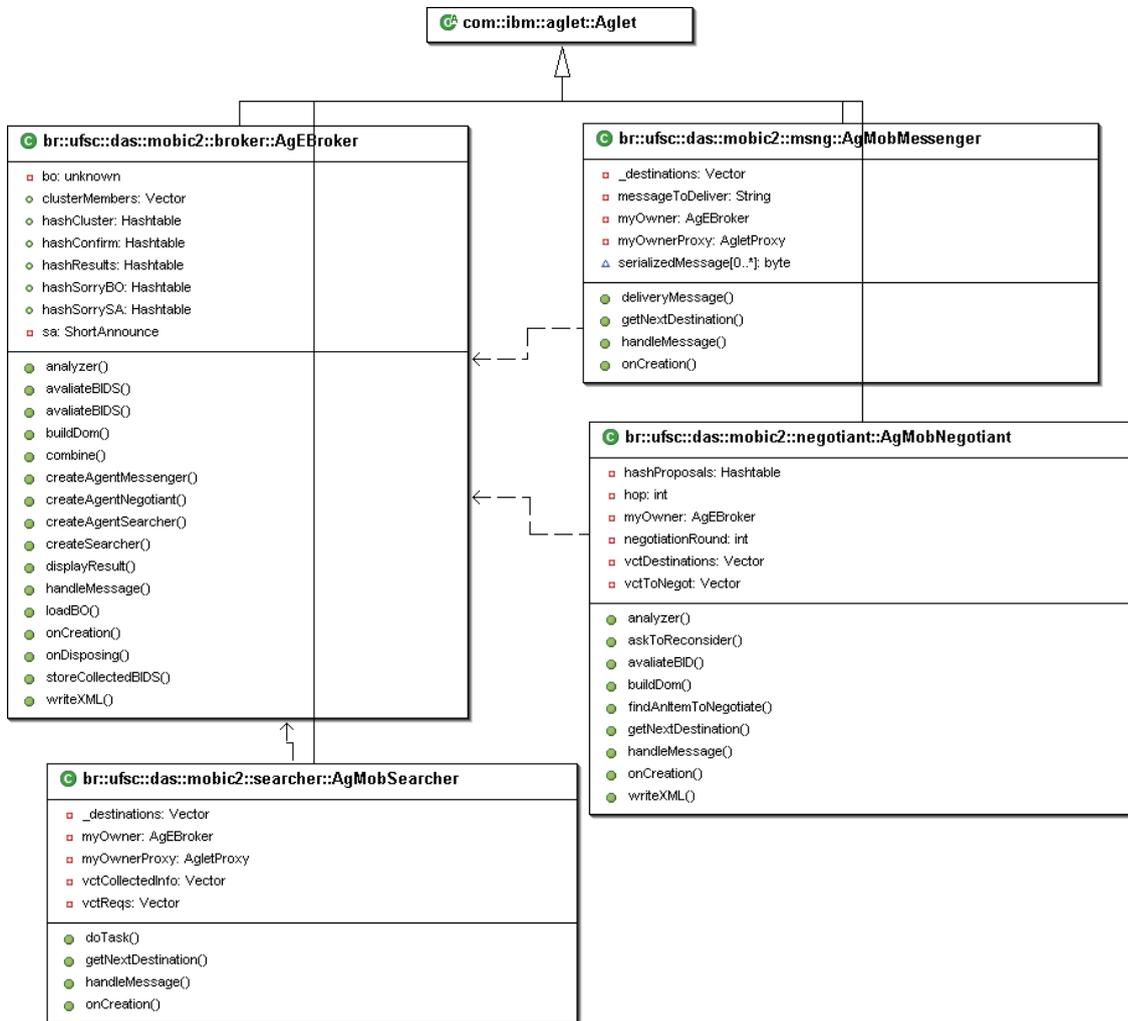


Diagrama 3 – Agentes: *Broker* – Estacionário; Mensageiro, Pesquisador e Negociador – Móveis

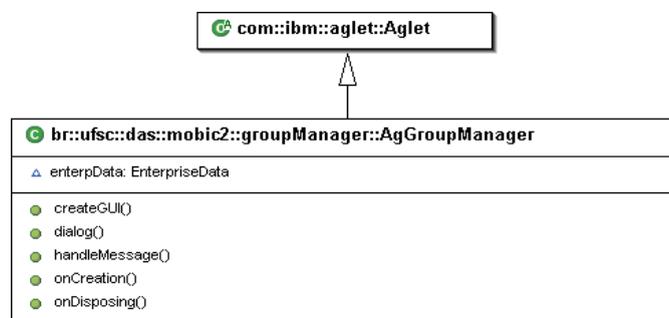


Diagrama 4 – Agente Gerenciador do Grupo

Anexo B

DTDs das Mensagens XML

B.1 Mensagens KQML

```
<?xml version='1.0' encoding='utf-8'?>
<!ELEMENT KQML (performative)>
<!ELEMENT performative (content?,
                        language?,
                        ontology?,
                        reply_with,
                        in_reply_to,
                        force?,
                        sender,
                        receiver
                        )>

<!ATTLIST performative name (ask-one|reply|sorry|tell) "sorry">

<!ELEMENT content (#PCDATA)>
<!ELEMENT language (#PCDATA)>
<!ELEMENT ontology (#PCDATA)>
<!ELEMENT reply_with (#PCDATA)>
<!ELEMENT in_reply_to (#PCDATA)>
<!ELEMENT force (#PCDATA)>
<!ELEMENT sender (#PCDATA)>
<!ELEMENT receiver (#PCDATA)>
```

B.2 Anúncio Completo

O DTD do anúncio completo segue as informações constadas na tabela 5.2 e é mostrado a seguir:

```
<?xml version='1.0' encoding='utf-8'?>
<!ELEMENT BO (codigoAnuncio,Molde+)>
<!ELEMENT codigoAnuncio (#PCDATA)>
<!ELEMENT Molde (DadosAnuncio,
                DescricaoProduto,
                DescrMaqInjetora,
                DadosMolde
                )>
```

```

<!ELEMENT DadosAnuncio (codMolde,dataEmissao,dataLimite)>
<!ELEMENT codMolde (#PCDATA)>
<!ELEMENT dataEmissao (#PCDATA)>
<!ELEMENT dataLimite (#PCDATA)>

<!ELEMENT DescricaoProduto (nomeProduto,
                             numeroCliente,
                             codigoFabricante,
                             materiaPrima,
                             quantidadeAno,
                             peso,
                             maxPrecisaoDimensional,
                             qualidadeSuperficial,
                             gravacoes,
                             analiseCAE,
                             dimensoesMaximas,
                             dadosGeometria,
                             tipoGeometria
                             )>
<!ELEMENT nomeProduto (#PCDATA)>
<!ELEMENT numeroCliente (#PCDATA)>
<!ELEMENT codigoFabricante (#PCDATA)>
<!ELEMENT materiaPrima (material)+>
<!ELEMENT material (#PCDATA)>
<!ELEMENT quantidadeAno (#PCDATA)>
<!ELEMENT peso (#PCDATA)>
<!ELEMENT maxPrecisaoDimensional (#PCDATA)>
<!ELEMENT qualidadeSuperficial (#PCDATA)>
<!ELEMENT gravacoes (#PCDATA)>
<!ELEMENT analiseCAE (#PCDATA)>
<!ATTLIST analiseCAE typeCAE (sim|nao) "nao">
<!ELEMENT dimensoesMaximas (comprimento, largura, profundidade)>
<!ELEMENT comprimento (#PCDATA)>
<!ELEMENT largura (#PCDATA)>
<!ELEMENT profundidade (#PCDATA)>
<!ELEMENT dadosGeometria (#PCDATA)>
<!ATTLIST dadosGeometria typeDG (pecaFisica|duasDim|tresDim)
"pecaFisica">
<!ELEMENT tipoGeometria (#PCDATA)>
<!ATTLIST tipoGeometria typeTG (rotacional|naoRotacional) "rotacional">
<!ELEMENT DescrMaqInjetora (marca,
                             modelo,
                             capacidade,
                             bico,
                             diametro,
                             acionamento,
                             refrigMInjetora
                             )>
<!ELEMENT marca (#PCDATA)>
<!ELEMENT modelo (#PCDATA)>
<!ELEMENT capacidade (#PCDATA)>
<!ELEMENT bico (#PCDATA)>
<!ELEMENT diametro (#PCDATA)>
<!ELEMENT acionamento (#PCDATA)>
<!ELEMENT refrigMInjetora (#PCDATA)>
<!ATTLIST refrigMInjetora typeRMI (sim|nao) "sim">

<!ELEMENT DadosMolde (descricaoMolde,
                       numCavidades,

```

```

                injecao,
                refrigMolde,
                tipoRefrig,
                roscasConectores,
                ladosLimitados,
                CADMolde,
                cfgMolde,
                portaMolde,
                extrPrinc,
                extrSec,
                moldeMateriais
            )>
<!ELEMENT descricaoMolde (#PCDATA)>
<!ELEMENT numCavidades (#PCDATA)>
<!ELEMENT injecao (#PCDATA)>
<!ELEMENT refrigMolde (#PCDATA)>
<!ELEMENT tipoRefrig (#PCDATA)>
<!ELEMENT roscasConectores (#PCDATA)>
<!ELEMENT ladosLimitados (#PCDATA)>
<!ELEMENT CADMolde (#PCDATA)>
<!ELEMENT cfgMolde (#PCDATA)>
<!ATTLIST      cfgMolde      typeCFG      (camaraQuente|tercPlaca|camaraFria)
"camaraQuente">
<!ELEMENT portaMolde (#PCDATA)>
<!ATTLIST portaMolde typePMLD (padrao|outro) "padrao">
<!ELEMENT extrPrinc (#PCDATA)>
<!ATTLIST extrPrinc typeEXTPR (pinos|placas|ar) "pinos">
<!ELEMENT extrSec (#PCDATA)>
<!ATTLIST extrSec typeEXTSEC (mecanica|pneumatica|hidraulica) "mecanica">
<!ELEMENT moldeMateriais (portaMoldeMat,macho,femea,gavetas)>
<!ELEMENT portaMoldeMat (#PCDATA)>
<!ELEMENT macho (#PCDATA)>
<!ELEMENT femea (#PCDATA)>
<!ELEMENT gavetas (#PCDATA)>

```

B.3 Anúncio Resumido

```

<?xml version='1.0' encoding='utf-8'?>

<!ELEMENT anuncio_resumido (anuncio_id,pacote)>
<!ELEMENT pacote (produto+)>
<!ELEMENT produto (data_emissao,
                    data_limite,
                    produto_final,
                    materia_prima,
                    numero_cavidades,
                    injecao_camara_quente,
                    dimensoes,
                    peso,
                    porta_molde_padrao
                )>
<!ATTLIST produto tipoProduto (molde|matriz) "molde">

<!ELEMENT anuncio_id (#PCDATA)>
<!ELEMENT data_emissao (#PCDATA)>
<!ELEMENT data_limite (#PCDATA)>
<!ELEMENT produto_final (#PCDATA)>

```

```

<!ELEMENT materia_prima (material)+>
<!ELEMENT material (#PCDATA)>
<!ELEMENT numero_cavidades (#PCDATA)>
<!ELEMENT injecao_camara_quente (#PCDATA)>
<!ELEMENT dimensoes (altura,largura,comprimento)>
<!ELEMENT altura (#PCDATA)>
<!ELEMENT largura (#PCDATA)>
<!ELEMENT comprimento (#PCDATA)>
<!ELEMENT peso (#PCDATA)>
<!ELEMENT porta_molde_padrao (#PCDATA)>

```

B.4 Proposta

```

<?xml version='1.0' encoding='utf-8'?>

<!ELEMENT Proposta (proponente,codigo_ON,pacote_molde+)>
<!ELEMENT codigo_ON (#PCDATA)>
<!ELEMENT proponente (#PCDATA)>
<!ELEMENT pacote_molde (codigo_molde,custo_producao,data_entrega,prazo)>
<!ELEMENT codigo_molde (#PCDATA)>
<!ELEMENT custo_producao (#PCDATA)>
<!ATTLIST custoProducao moeda (real|dolar) "real">
<!ELEMENT data_entrega (#PCDATA)>
<!ELEMENT prazo (#PCDATA)>

```

B.5 Solicitação de informações da empresa

```

<?xml version='1.0' encoding='utf-8'?>
<!ELEMENT mensagem (pedido_resposta)>

<!ELEMENT pedido_resposta (codigo_requisicao,registro)>
<!ATTLIST pedido_resposta kind (completo|parcial) "completo">
<!ELEMENT codigo_requisicao (#PCDATA)>
<!ELEMENT registro(empresa,
                    produtos*,
                    maquinario?,
                    fornecedores*,
                    quadro_funcional*,
                    transporte
                    )>

<!ELEMENT empresa (informacao_empresa,filial?)>
<!ELEMENT informacao_empresa (nome,localizacao,desde)>
<!ELEMENT nome (#PCDATA)>
<!ELEMENT localizacao (#PCDATA)>
<!ELEMENT desde (#PCDATA)>

<!ELEMENT filial (#PCDATA)>

<!ELEMENT produtos (tipo,materia_prima,horas_trabalho)>
<!ELEMENT tipo (#PCDATA)>
<!ELEMENT materia_prima (material)+>
<!ELEMENT material (#PCDATA)>
<!ELEMENT horas_trabalho (#PCDATA)>

```

```
<!ELEMENT maquinario (maquina*)>
<!ELEMENT maquina (funcao,tipo_maquina,quantidade,ocupacao)>
<!ELEMENT funcao (#PCDATA)>
<!ELEMENT tipo_maquina (#PCDATA)>
<!ELEMENT quantidade (#PCDATA)>
<!ELEMENT ocupacao (#PCDATA)>

<!ELEMENT fornecedores (nome,produto_fornecido+,since)>
<!ELEMENT produto_fornecido (#PCDATA)>
<!ELEMENT quadro_funcional (funcionario*)>
<!ELEMENT funcionario (funcao,quantidade)>

<!ELEMENT transporte (percent_proprio,percent_contratado)>
<!ELEMENT percent_proprio (#PCDATA)>
<!ELEMENT percent_contratado (percent_autonomo,percent_terceirizado)>
<!ELEMENT percent_autonomo (#PCDATA)>
<!ELEMENT percent_terceirizado (#PCDATA)>
```

B.6 Empresa Virtual montada

```
<?xml version='1.0' encoding='utf-8'?>
<!ELEMENT EV (codigo_ON,(molde,empresa,custo,data_entrega)+)>
<!ELEMENT codigo_ON (#PCDATA)>
<!ELEMENT molde (#PCDATA)>
<!ELEMENT empresa (#PCDATA)>
<!ELEMENT custo (#PCDATA)>
<!ELEMENT data_entrega (#PCDATA)>
```

Glossário

ARPA - Advanced Research Projects Agency

ASDK - Aglets Software Development Kit

ATP - Agents Transfer Protocol

CORBA - Common Object Request Broker Architecture

COSME - Cooperation of Small and Medium Enterprises

DAS - Departamento de Automação e Sistemas

DTD - Document Type Definition

EPST - Electronic Partners Search Tool

EV - Empresa Virtual

IA - Inteligência Artificial

IAD - Inteligência Artificial Distribuída

IBM - International Business Machines

IE - Instituição Eletrônica

IIOP - Internet Inter-ORB Protocol

KQML - Knowledge Query and Manipulation Language

LCA - Linguagem de Comunicação de Agentes

MAF - Mobile Agents Facility

MMS - Manufacturing Message Specification

NUMA - Núcleo de Manufatura Avançada

OMG - Object Management Group

ON - Oportunidade de Negócio

ORB - Object Request Broker

OV - Organização Virtual

PDA - Personal Digital Assistant

RdC - Rede de Contrato

RMI - Remote Method Invocation

RPC - Remote Procedure Call

SC² - Supply Chain Smart Coordination

SDP - Solução Distribuída de Problemas

SDSI - Simple Distributed Security Infrastructure

SMA - Sistema Multiagente

SO - Sistema Operacional

SPCP - Sistema de Planejamento e Controle da Produção

SPKI - Simple Public Key Infrastructure

SQL - Structured Query Language

SSL - Secure Sockets Layer

TI - Tecnologia de Informação

UML - Unified Modeling Language

USP - Universidade de São Paulo

XML - Extended Markup Language

Referências Bibliográficas

AGLETS; 2002. **Aglets**. http://www.trl.ibm.com/aglets/index_e.htm;

ÁVILA, P.; PUTNIK, G. D.; CUNHA, M. M.; 2002. **Brokerage Function in Agile Virtual Enterprise Integration – A Literature Review**. In Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises, IFIP TC5/WG5.5 Third Working Conference on Infrastructures for Virtual Enterprises (PRO-VE'02), May 1-3, 2002, Sesimbra, Portugal. IFIP Conference Proceedings 213. p. 65-72. Kluwer 2002, ISBN 1-4020-7020-9;

BREMER, C. A. et al.; 1999. **A Brazilian Case of VE Coordination**. In Infrastructures for Virtual Enterprises: Networking Industrial Enterprises. IFIP TC5 WG5.3/PRODNET Working Conference on Infrastructures for Virtual Enterprises (PRO-VE'99) p. 377-386, October 27-28, 1999, Porto, Portugal Kluwer Academic Publishers;

BREMER, C. F.; ORTEGA, L. M.; 2000 **Redes de Cooperação**. Em Fábrica do Futuro. Banas-EESC-NUMA n.º. 312, Dezembro, 2000;

BROOS, R.; DILLENSEGER, B.; GUTHER, A.; LEITH, M.; 1999. **MIAMI: Mobile Intelligent Agents for Managing the Information Infrastructure**. <http://www.cordis.lu/infowin/acts/analysys/products/thematic/agents/ch3/miami.htm>;

BYRNE, J. A.; 1993. **The Virtual Corporation**. Business Week, p. 98-103;

CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H.; 1999a. **The Virtual Enterprise Concept**. In Infrastructures for Virtual Enterprises: Networking Industrial Enterprises. IFIP TC5 WG5.3/PRODNET Working Conference on Infrastructures for Virtual Enterprises (PRO-VE'99) p. 3-14, October 27-28, 1999, Porto, Portugal Kluwer Academic Publishers;

CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H.; 1999b. **Tendencies and General Requirements for Virtual Enterprises**. In Infrastructures for Virtual Enterprises: Networking Industrial Enterprises. IFIP TC5 WG5.3/PRODNET. Working Conference on Infrastructures for Virtual Enterprises (PRO-VE'99) p. 15-30, October 27-28, 1999, Porto, Portugal. Kluwer Academic Publishers;

CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H.; 2002. **Dynamic Virtual Organizations, or not so dynamic?** <http://culiacan.udo.mx/~gortega/Basys2002-12.pdf> ;

CAMARINHA-MATOS, L. M.; CARDOSO, T.; 1999. **Selection of Partners for a Virtual Enterprise**. In Infrastructures for Virtual Enterprises: Networking Industrial Enterprises. IFIP TC5 WG5.3/PRODNET Working Conference on Infrastructures for Virtual Enterprises (PRO-VE'99) p. 259-278, October 27-28, 1999, Porto, Portugal Kluwer Academic Publishers;

CLURMAN, W; FOLEY, T.; GUTTMANN, R.; KUPRES, K.; 1997. **Electronic commerce with software Agents, Electronic Commerce and Marketing on the Internet**, Professors Tom Malone & John Little;

- COSME. 2001. **Global Virtual Enterprise Project**. http://www.cosme.rwth-aachen.de/Cosme/public_html/index.htm;
- COSTA, S. S. S. C. ; RABELO, R. J.; 2001. **Suporte à Criação de Empresas Virtuais utilizando Agentes Móveis**. V SBAI – Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente. Canela, RS, 2001;
- CUGOLA, G.; GHEZZI, C.; PICCO, G. P.; VIGNA, G.; 1997. **A Characterization of Mobility and State Distribution in Mobile Code Languages**. In Special Issues in Object-Oriented Programming: Workshop Reader of the 10th European Conference on Object-Oriented Programming (ECOOP's);
- DURFEE, E. H.; ROSENSCHEIN, J. S.; 1994. **Distributed Problem Solving and Multi-Agent Systems: Comparisons and Examples**. Proceedings of the International Workshop on Distributed Artificial Intelligence;
- EINSIEDLER, H. J.; LÉGER, A.; GLEIZES, M.; **ABROSE: A Co-operative Multi-Agent Based Framework for Electronic Marketplace**. Agents Technologies in Europe - ACTS Activities, September, 1999. Disponível em <http://www.cordis.lu/infowin/acts/analysys/products/thematic/agents/ch3/abrose.htm>;
- EISENTRAUT, R.; KOCH, M.; MÖSLEIN, K.; 2001 **Building Trust and Reputation in Communities and Virtual Enterprises**, In Proceedings of the Seventh Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2001), Boston, MA: Omnipress, p. 1506 – 1509;
- ELLISON, C. M. et al. (1999). **SPKI Requirements**. The Internet Engineering Task Force. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2693.txt>;
- FERBER, J.; 1999. **Multi-Agent Systems. An Introduction to Distributed Artificial Intelligence**. Addison Wesley, 1999;
- FININ, T; FRITZSON, R.; McKAY, D.; McENTIRE, R.; 1994. **KQML as an Agent Communication Language**. In the Proceedings of the Third International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM'94), ACM Press, November, 1994;
- FIPA; 2002. **Foundation for Intelligent Physical Agents** - <http://www.fipa.org/>;
- GASSER, L.; 1991. **Social Concepts of Knowledge and Action: DAI Foundations and Open Systems Semantics** – Artificial Intelligence Journal. Special Issue on Foundations of Artificial Intelligence;
- GOULART, C. P.; 2000. **Proposta de um modelo de referência para Planejamento e Controle da Produção em Empresas Virtuais**. São Carlos, SP. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo;
- GRAY, R.; KOTZ, D.; CYBENKO G.; RUS, D.; 2000 **Mobile Agents: Motivations and state-of-the-art systems** ;
- HARBILAS, C.; DRAGIOS, N.; KARETSOS, G.; 2002. **A Framework for Broker Assisted Virtual Enterprises**. In Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises – 3rd Working Conference on Infrastructures for Virtual Enterprises, IFIP TC5/WG5.5 (PRO-VE'02), p. 73-80, Sesimbra, Portugal. Kluwer Academics Publisher;

- HUHNS, M. N.; SINGH, M. P.; 1998. **Readings in Agents**. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, California, USA, 1998;
- HUHNS, M. N.; STEPHENS, L. M.; 1999. **Multi Agent Systems and Societies of Agents**. In *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. The MIT Press, Cambridge, MA, USA. p. 79-120. <http://citeseer.nj.nec.com/huhns99multiagent.html>;
- IACONO, S.; WEISBAND, S.; 1997. **Developing trust in virtual teams**. Proceedings of the 30th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press;
- JANSEN, W.; KARYGIANNIS, T.; 1999. Mobile agent security, Relatório Técnico NIST Special Publication 800-19, National Institute of Standards and Technology. <http://csrc.nist.gov/mobileagents>;
- JENNINGS, N. R.; SYCARA, K.; WOOLDRIDGE, M. J.; 1998. **A Roadmap of Agent Research and Development**. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 1, 7-38 Kluwer Academic Publishers, Boston;
- KARNIK, N. 1998. **Security in Mobile Agent System**. PhD Thesis, University of Minnesota. <http://www.cs.umn.edu/Ajanta>;
- KLEN, A. P; RABELO, R. J.; FERREIRA, A. C.; SPINOSA, L.M.; 2001. **Managing Distributed Business Processes in the Virtual Enterprise**. In *Journal of Intelligent Manufacturing*, V12, N2, pp. 185-197, ISSN 0956-5515, Kluwer Academic Publishers, April, 2001;
- LABROU, Y.; FININ, T.; PENG, Y.; 1999. **The Interoperability Problem: Bringing together Mobile Agents and Agent Communication Languages**. Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on Systems Sciences;
- LANGE, D. B.; 1998. **Mobile Objects and Mobile Agents: The Future of Distributed Computing?** In *Proceedings of The European Conference on Object-Oriented Programming '98*, 1998. <http://www.moe-lange.com/danny/>;
- LOSS, L.; 2003. **Integração de Sistemas Multiagente Industriais: Uma Proposta baseada no intercâmbio de Informações entre Padrões**. Florianópolis, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina;
- MALONE, T. W; SMITH, S. A.; 1988. **Modeling the Performance of Organizational Structures**. In *Operations Research*, 36(3):421 - 436, May-June, 1988;
- MASSIVE; 2002. **Massive**. <http://www.gsigma-grucon.ufsc.br/massive/>;
- MEJIA, R.; MOLINA, A.; 2002. **Virtual Enterprise Broker: Processes, Methods and Tools**. In *Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises – 3rd Working Conference on Infrastructures for Virtual Enterprises*, IFIP TC5/WG5.5 (PRO-VE'02). Sesimbra, Portugal, May, 2002;
- MENESES, E. X.; SILVA, F. S. C. da; 2001. **Integração de Agentes de Informação**. *Jornada de Atualização em Inteligência Artificial*, 2001. <http://www.ime.usp.br/~eudenia/jaia/>;
- MOLINA, A.; FLORES, M.; CABALLERO, D.; 1998. **Virtual Enterprises: A Mexican Case Study**. In *Proceedings of the BASYS'98 – 3rd IEEE/IFIP International Conference on*

- Information Technology for BALANCED AUTOMATION SYSTEMS in Manufacturing. Eds. Luis M. Camarinha-Matos, Hamideh Afsarmanesh and Vladimir Marik. Prague, Czech Republic, August, 1998;
- NAYAK, N.; CHAO, T.; LI, J.; MIHAELI, J.; DAS, R.; DEREBAIL, A.; SOO H. J.; 2001. **Role of Technology in Enabling Dynamic Virtual Enterprises**. In Open Enterprise Solutions: Systems, Experiences, and Organizations. Rome, September, 2001;
- NECHES, R.; 1994. **The Knowledge Sharing Effort**. <http://www-ksl.stanford.edu/knowledge-sharing/papers/kse-overview.html>;
- OMG; 2000. **Mobile Agent Facility Specification**. OMG Document 2000-01-02;
- OMG; 2003. **Object Management Group** - <http://www.omg.org/>;
- PARUNAK, H. V. D.; 1987. **Manufacturing Experience with the Contract Net**. Distributed Artificial Intelligence, Ed. M. Huhns, Morgan-Kaufmann, pp.285-310, 1987;
- PICCO, G. P.; 1998. **Understanding, Evaluating, Formalizing, and Exploiting Code Mobility**. PhD Thesis. Politecnico di Torino, Italy;
- RABELO, R. J.; 1997. **Um enquadramento para o Desenvolvimento de Sistemas de Escalonamento Ágil da Produção – Uma abordagem Multiagente**. Lisboa, 1997. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal;
- RABELO, R. J.; CAMARINHA-MATOS, L. M.; VALLEJOS, R. V.; 2000. **Agent-based Brokerage for Virtual Enterprise Creation in the Moulds Industry**. In E-Business and Virtual Enterprises. Managing Business-to-Business Cooperation. IFIP Working Conference in Infrastructures for Virtual Organizations (PRO-VE'00). Florianópolis, SC. p. 281-290. Eds. Luis M. Camarinha-Matos, Hamideh Afsarmanesh e Ricardo J. Rabelo. Kluwer Academics Publisher;
- RABELO, R. J.; KLEN, A. A. P.; KLEN, E. R.; 2002. **A Multi-agent System for Smart Coordination of Dynamic Supply Chains**. In Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises – 3rd Working Conference on Infrastructures for Virtual Enterprises, IFIP TC5/WG5.5 (PRO-VE'02). Sesimbra, Portugal. p. 379-386. Kluwer Academics Publisher;
- RABELO, R. J.; KLEN, A. A. P.; 2002. **Business Intelligence Support for Supply Chain Management**. In Knowledge and Technology Integration in Production and Services. Balancing Knowledge and Technology in Product and Service Life Cycle (BASYS'02). Eds. Vladimir Marik, Luis M. Camarinha-Matos e Hamideh Afsarmanesh. September, 2002 Cancún, México. p. 437-444. Kluwer Academics Publisher;
- RABELO, R. J.; WANGHAM, M. S.; SCHMIDT, R.; FRAGA, J. S.; 2003. **Trust Building in the Creation of Virtual Enterprises in Mobile Agent-Based Architectures**. A ser apresentado no 4th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises (PRO'VE 03), Lugano, Switzerland, 29-31 October 2003;
- ROCHA, A. P; OLIVEIRA, E.; 2001. **Electronic Institutions as a framework for Agents' Negotiation and mutual Commitment**. Proceedings of Progress in Artificial Intelligence, Knowledge Extraction, Multi-agent Systems, Logic Programming and Constraint Solving, 10th Portuguese Conference on Artificial Intelligence, EPIA 2001, Porto, Portugal, December 17-20, 2001;

- ROSENSCHEIN, J. S.; ZLOTKIN, G.; 1997. **Designing Conventions for Automated Negotiation** – Readings in Agents. Edited by Michael N. Huhns, Munindar P. Singh. Morgan Kaufmann Publishers, Inc. San Francisco, CA, EUA;
- RUSSELL, S.; NORVIG, P.; 1995. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. Prentice Hall, 1995;
- SIHN, W. 1998. **Manufacturing in Networks – Competitive Advantages for Virtual Enterprises**. In International Conference of the Manufacturing Value Chain, Troon, Noruega. Kluwer Academic Publishers, p. 249-257, 1998;
- SMITH, R. G.; 1980. **The Contract Net Protocol: High-Level Communication in a Distributed Problem Solver**. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics;
- SMITH, R. G.; DAVIS, R.; 1988. **Frameworks for Cooperation in Distributed Problem Solving** - Readings in Distributed Artificial Intelligence – Edited by Allan H. Bond and Leslie George Gasser. Morgan Kauffmann Publishers, Inc.;
- SPINOSA, L. M.; RABELO, R. J.; KLEN, A. P.; 1998. **High-Level Coordination of Business Processes in a Virtual Enterprise**. In Prolamat'98 / The Tenth International IFIP TC5 WG-5.2 WG-5.3 Conference, September, 1998, Trento, Italy. Also in Globalization of Manufacturing in the Digital Communications Era of the 21st Century: Innovation, Agility, and the Virtual Enterprise, Edited by Jacucci, G., Olling, G.J., Preiss, K. and Wozny, M., Kluwer Academic Publishers, pp. 725-736;
- SYCARA, K. P. 1998 **Multiagent Systems**. AI Magazine, Volume 19, Nº 2 Intelligent Agents;
- SZIRBIK, N.; AERTS, A.; WORTMANN, H.; HAMMER, D.; GROSSENAERTS, J.; 2000. **Mediating Negotiations in a Virtual Enterprise Via Mobile Agents** <http://citeseer.nj.nec.com/szirbik00mediating.html>;
- TANENBAUM, A. S.; 1995. **Sistemas Operacionais Modernos**. Tradução Nery Machado Filho. Editora Prentice-Hall do Brasil LTDA, Rio de Janeiro, RJ, 1995;
- UMBC; **UMBC KQML Web** <http://www.csee.umbc.edu/kqml/>;
- VIEIRA, W. J. M.; 2000. **Agentes Móveis Adaptáveis para Operação Remota**. Tese de Doutorado, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal;
- VITEK, J; SERRANO, M; THANOS, D.; 1997. **Security and Communication in Mobile Object Systems**. Mobile Object Systems: Towards the Programmable Internet, J. Vitek & C. Tschudin, Eds., Springer-Verlag, LNCS 1222, April, 1997;
- WANGHAM, M. S.; 2002. **Esquema de Segurança para Agentes Móveis em Sistemas Abertos**. Florianópolis, SC, 2002. Exame de Qualificação (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina;
- WANGHAM, M. S.; FRAGA, J. S.; 2003. Mecanismos de Segurança para Plataformas de Agentes Móveis, baseados em Redes de Confiança SPKI/SDSI. Em: Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, SBRC 2003, Natal, RN;

WIENDAHL, H. P.; HÖLBIG, M.; 1998. **Balanced Production Planning and Control in Production Networks**. Em Strategic Manufacturing of the Manufacturing Value Chain, Troon. Proceedings. Troon, Kluwer Academics, p. 401-410;

W3C, 2003 **World Wide Web Consortium**. <http://www.w3.org/>.