

Aplicação de Sistemas Multiagentes à Gestão do Conhecimento

Maiquel de Brito¹ & Carine Geltrudes Webber¹

¹Centro de Computação e Tecnologia da Informação
Universidade de Caxias do Sul
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130
Fone: +55 (54) 3218 2100
Cep 95070-560 - Caxias do Sul - RS - BRASIL
maiquelb@terra.com.br, cgwebber@ucs.br

Abstract

The Knowledge Management is a concept that evolves some practices for manage the knowledge with effectiveness, looking it as a very important resource to the organizations today. This paper presents a research about the use of multiagent systems in Knowledge Management. Some works has been published using multiagent systems as a technological tool to aid in processes of Knowledge Management. The review of this works, conjugated with some theoretical issues, makes possible the design of a model of Multiagent System that have some features related with Knowledge Management. The implementation of this model was made just as a test using the Jason platform. Some details about this implementation are described in this paper.

Keywords: Knowledge Management, Multiagent Systems, BDI Agents, Jason.

Resumo

A Gestão do Conhecimento consiste em um conceito que envolve diversas práticas para gerenciar o conhecimento de maneira efetiva, administrando-o como recurso importante para as organizações nos dias atuais. Este artigo apresenta um estudo sobre a aplicação de Sistemas Multiagentes à Gestão do Conhecimento. Alguns trabalhos têm sido desenvolvidos aplicando Sistemas Multiagentes em ferramentas tecnológicas de apoio à Gestão do Conhecimento. A análise destes trabalhos, aliada a questões teóricas, possibilita a elaboração de um modelo de Sistema Multiagentes que agrega diversas funcionalidades relacionadas com apoio à Gestão do Conhecimento. A implementação deste modelo foi feita em caráter de teste com a utilização da plataforma de desenvolvimento

"Jason" e alguns detalhes a respeito são descritos neste artigo.

Palavras chave: Gestão do Conhecimento, Sistemas Multiagentes, Agentes BDI, Jason.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento constitui um recurso determinante para o sucesso das organizações nos dias atuais. Organizações produzem, armazenam e compartilham conhecimento através de pessoas e processos que a compõem. Para que o conhecimento seja utilizado de maneira favorável à organização, é necessário que ele seja gerenciado de maneira eficiente. Neste contexto, a Gestão do Conhecimento (GC) insere-se como um conceito que envolve diversas práticas para gerenciar o conhecimento de maneira efetiva. A GC pode ser definida como um conjunto de ações sistemáticas e disciplinadas que uma organização pode desempenhar para obter maior valor agregado sobre o conhecimento que possui ([4], [15], [18]).

A tecnologia, aliada a pessoas e processos, exerce papel importante ao fornecer recursos que dêem suporte à GC. Entre estes recursos, é possível citar como exemplo sistemas de apoio à decisão, técnicas mineração de dados, portais corporativos, entre outros ([10], [4], [8]). Os recursos tecnológicos constituem-se em uma importante fonte de apoio à GC devido à grande quantidade de conhecimento produzido, compartilhado e acessado nas organizações sob a forma de informação em meio digital. Esse grande número de informações, para ser bem aproveitado, precisa ser tratado de forma a oportunizar que o conhecimento seja identificado, coletado e distribuído de maneira apropriada e eficiente. Neste contexto, ferramentas tecnológicas podem conferir agilidade, confiabilidade,

automatização, autonomia e inteligência às atividades de GC.

Processos de GC são necessários nas organizações uma vez que o conhecimento, apesar de ser produzido de maneira individual, é coletivo, pois é adquirido e compartilhado através de interações sociais ([14]). Este aspecto deve ser considerado pela GC e pelas ferramentas que a apoiam, pois as fontes de informação encontram-se distribuídas em diversos meios como bancos de dados, redes corporativas, intranets, internet etc. Em vista disso, a computação distribuída apresenta-se como alternativa e, neste contexto, agentes de software e sistemas multiagentes (SMA) podem ser uma solução tecnológica adequada, conforme demonstram diversos trabalhos nesta área ([3], [11], [6], [12], [20], [2], [1]).

Este artigo tem por objetivo apresentar as vantagens e um estudo de caso da aplicação de SMAs no desenvolvimento de ferramentas de suporte à GC. Ele está organizado da seguinte maneira: a próxima seção descreve características da GC contempladas por SMAs desenvolvidos e publicados em meios especializados; a seção 3 apresenta um modelo de SMA aplicado a GC em um portal corporativo hipotético; a seção 4 descreve alguns aspectos relacionados da implementação, feita em caráter de teste, de algumas funcionalidades do modelo proposto e a seção 5 apresenta algumas considerações e conclusões a respeito dos estudos descritos neste artigo.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Ao longo dos últimos anos, SMAs têm sido desenvolvidos com vistas a contemplar funcionalidades relacionadas com GC. Alguns destes sistemas, descritos em publicações especializadas, foram analisados com o objetivo levantar as funcionalidades contempladas, bem como verificar aspectos relacionados às implementações.

As aplicações analisadas são descritas em [3], [11], [6], [12], [20], [2] e [1]. Estas possuem características diferentes e, de certa forma, complementares, enfocando aspectos específicos da GC. Observando pontos em comum e diferenças entre elas, pode-se elencar uma série de atividades de suporte a GC que podem ser apoiadas por SMAs, conforme será descrito a seguir.

- **Classificação de Itens de Conhecimento:** Itens de conhecimento (documentos, mensagens eletrônicas, endereços de páginas *web* etc) em geral podem ser classificados de diversas maneiras conforme seus conteúdos e conforme o contexto a que são associados por diferentes usuários. A classificação de itens de conhecimento (ICs) pode ser algo difícil devido à sua grande produção e disseminação, bem como à subjetividade de classificações feitas por usuários. O uso de ferramentas informatizadas pode auxiliar

a classificar documentos adequadamente, de forma automatizada, segundo determinadas características.

- **Recuperação e Recomendação de Itens de Conhecimento:** Com a utilização de ferramentas computacionais apropriadas, ICs classificados de maneira adequada podem ser recomendados aos usuários, conforme sua necessidade, de forma ágil e eficaz, mesmo que estejam distribuídos em ambientes em que usuários não tenham acesso direto uns aos outros ou que este acesso seja dificultado por circunstâncias quaisquer.
- **Processamento de Consultas em Linguagem Natural:** A obtenção de resultados satisfatórios na busca de informações em meio digital depende, muitas vezes, da utilização correta dos termos a serem consultados. O processamento adequado de consultas em linguagem natural permite que usuários simulem, em ambiente informatizado, o comportamento em um ambiente real: perguntas podem ser informadas de maneira coloquial e documentos que tenham relação com a pergunta são reconhecidos e retornados ao usuário. Neste contexto, agentes podem prestar um importante auxílio ao processar as consultas em linguagem natural e interpretar os termos da consulta utilizando, nesta interpretação, premissas provenientes do ambiente e da interação com outros agentes
- **Comparação e Gerenciamento de Informações a Respeito de um Mesmo Domínio:** A busca por informações a respeito de um determinado assunto pode ter como resultado diversos ICs, alguns deles com informações de baixa qualidade (irrelevantes, inconsistentes, falsas, contraditórias etc). Sistemas informatizados podem analisar as informações avaliando sua consistência com relação a informações semelhantes.
- **Cristalização do Conhecimento:** O conceito de cristalização do conhecimento, apresentado por [3], refere-se ao nível em que determinado conhecimento é consolidado entre os usuários do sistema. O nível de cristalização pode ser definido através da avaliação de usuários ou de maneira automatizada através do monitoramento do acesso e utilização dos ICS.
- **Análise de Comportamento, Definição de Perfil e Recomendação de Especialistas:** Ferramentas informatizadas podem analisar o comportamento dos usuários do sistema e definir um perfil dos mesmos baseado em tal comportamento. Além disso, é possível recomendar usuários com perfis adequados a determinadas necessidades informacionais.
- **Criação e Manutenção Dinâmica de Grupo (Comunidades):** Através da análise do comportamento, os

sistemas podem identificar usuários com os mesmos interesses e com conhecimentos a respeito de assuntos semelhantes. De posse destas informações, o sistema pode, automaticamente, reunir tais usuários em grupos. Na GC, existe o conceito de comunidades de prática que, segundo [17], são grupos que reúnem, de maneira informal, pessoas com interesses comuns no aprendizado e na aplicação do conhecimento a respeito de um determinado assunto.

2.1. SÍNTESE DAS ANÁLISES REALIZADAS

O conjunto de características analisadas e citadas anteriormente pode ser dividido em dois grupos: Gestão de Itens de Conhecimento e Análise de Usuários.

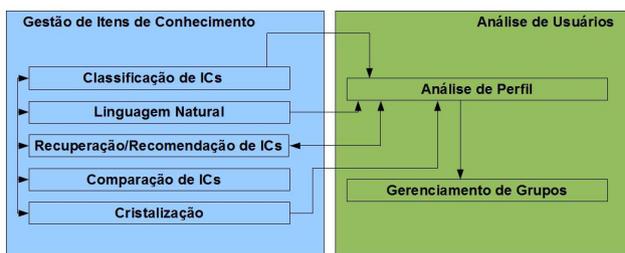


Figura 1. Análise de Aplicações

De posse das características delineadas anteriormente, é possível traçar um cenário e projetar a utilização de sistemas multiagentes no auxílio à GC. Informações são produzidas e compartilhadas em ritmo crescente nas organizações; pessoas têm acesso à informação em diferentes formatos, provenientes de diferentes origens. Estas informações internalizam-se, tornando-se conhecimento tácito, pertencente às pessoas componentes da organização. Em paralelo a este processo de internalização, o conhecimento tácito pode ser formalizado, muitas vezes de maneira desordenada e desestruturada, através da elaboração de documentos (oficiais ou não oficiais), redação de mensagens eletrônicas, troca de mensagens instantâneas, acesso a páginas web, anotações diversas etc. Percebe-se, através deste cenário, um ambiente rico em conhecimento e informação.

Apesar desta riqueza, porém, pode haver baixa eficiência no acesso a toda a informação produzida. Como consequência disso, é possível exemplificar algumas situações:

- Itens de conhecimento produzidos podem ficar armazenados, de maneira isolada, em mídias dos mais diferentes tipos, e nunca virem a tornar-se conhecidos e, conseqüentemente, úteis;
- Habilidades e expertises podem ficar ocultas se não forem divulgadas de maneira apropriada;

- A resolução de problemas diversos pode demandar esforço desnecessário devido à falta de acesso à informações relacionadas a casos semelhantes ocorridos anteriormente;
- Consultas a informações podem ficar sem resposta em virtude da utilização de terminologias diferentes.

Confrontando o cenário citado com as funcionalidades verificadas nos sistemas analisados, é possível concluir que tais funcionalidades, acrescidas de mudanças e adaptações quando necessário, podem contribuir para a melhoria no processo de GC, ao auxiliar o manuseio de ICs em ambientes complexos. As características de pró-atividade e processamento distribuído podem auxiliar usuários a acessar informações (e, em última análise, o conhecimento) que se encontram distribuídas e pouco estruturadas.

3. MODELO DE SISTEMAS MULTIAGENTES APLICADO A UM PORTAL WEB

Diversos tipos de aplicações podem auxiliar em atividades de Gestão do Conhecimento. Entre estas, é possível citar Sistemas de Apoio à Decisão, Sistemas de Controle de Fluxo de Trabalho (*Workflow*), Sistemas de Gerenciamento de Relacionamento com Clientes (CRM), Portais Corporativos, entre outros. Para o presente trabalho, foi utilizado um ambiente de Portal Corporativo hipotético e genérico.

Segundo [13], [15] e [5], portais corporativos são programas de computador, em ambiente web, que permitem que informações produzidas pelos usuários de uma organização sejam disponibilizadas e distribuídas através de um ponto de acesso único. Além disso os portais devem fornecer ferramentas que facilitem a recuperação das informações armazenadas e também ferramentas que promovam colaboração e comunicação entre usuários. Devido a estas características, portais corporativos são alternativas tecnológicas apropriadas para o apoio à GC na medida em que estes provêm uma solução para centralização do conhecimento formalizado na organização.

Apesar de todos os recursos citados anteriormente, a arquitetura tradicional de portais, no entanto, é limitada pelo baixo nível semântico do conteúdo armazenado. Informações armazenadas em tal ambiente podem oferecer pouca ou nenhuma contextualização, terminologias diferentes para conceitos semelhantes, dificuldades na associação entre informações complementares etc. Estes fatores podem acarretar problemas como perda de tempo na pesquisa de informações, produção de informações redundantes, retrabalho em virtude da solução de problemas mal documentados entre outros. Além disso, portais em moldes tradicionais fornecem pouco ou nenhum suporte

ao aproveitamento de informações a respeito do comportamento do usuário na utilização do sistema, o que impede o ambiente de prover funcionalidades como, por exemplo, sugestão de itens de conhecimento potencialmente úteis, adaptação do ambiente conforme determinadas preferências dos usuários e vinculação de usuários em comunidades conforme interesses e conhecimentos identificados através da utilização do portal. Neste contexto, agentes podem oferecer uma complementação significativa a funcionalidades disponibilizadas por portais. Associando os conceitos de sistemas multiagentes, GC e portais à análise das aplicações citadas anteriormente, propõe-se um modelo de agentes que forneça suporte a funcionalidades relacionadas à GC na utilização de portais.

3.1. FUNCIONALIDADES DO MODELO PROPOSTO

O modelo proposto apoia-se em algumas funcionalidades, descritas a seguir.

3.1.1. Monitoramento de atividades e definição de perfil de usuários: Informações a respeito de funcionalidades e conteúdos acessados e da forma de navegação em um portal podem revelar padrões de comportamento e interesses do usuário, e, em função disso, sugerir melhores maneiras de operar o sistema e recomendar ICs com base nas interações identificadas. O sistema pode identificar assuntos a respeito dos quais o usuário tem conhecimento e também assuntos dos quais ele necessita de maiores informações. De forma semelhante, o monitoramento de atividades do usuário pode identificar assuntos que lhe são prioritários. Assim, o usuário pode, através de suas interações com o sistema, permitir que este se adapte a seu perfil.

3.1.2. Classificação de Itens de Conhecimento: ICs são, a todo momento, inseridos, alterados ou excluídos do ambiente a que o portal se refere. Se tais ICs não forem corretamente classificados, no entanto, o acesso a eles pode tornar-se difícil, demandando recursos em excesso. Por isso, a correta classificação dos ICs pode ser determinante para garantir que estes sejam recuperados de maneira eficiente e oportuna. Deve-se salientar que a classificação aqui referida ultrapassa a simples utilização de palavras chave para identificar o assuntos a que o IC refere-se. Ao contrário, ao tratar-se de classificação de ICs, tem-se em mente que estes sejam classificados em assuntos e contextos adequados, baseados no significado do seu conteúdo (semântica) porém independente da forma como esse conteúdo é expresso. A classificação de ICs pode, em um primeiro momento, ser feita com base na intervenção dos usuários. Estes podem interferir no sistema sugerindo classificações conforme seu conhecimento a respeito de assuntos específicos.

A aplicação de agentes na classificação de ICs, no modelo proposto, tem por objetivo, além de utilizar sugestões dos usuários, promover a classificação de forma autônoma. Através de ações pró-ativas, os agentes devem detectar mudanças no conjunto de ICs que compõem o ambiente em que se inserem. Ao detectar essas mudanças, os agentes devem identificar diversas características a respeito do IC, tais como seu conteúdo, palavras-chave, metadados, autor etc. Com base nessas características e com o auxílio de uma ontologia apropriada, os agentes classificadores devem proceder classificações adequadas. Além de novas classificações, os agentes devem detectar alterações em ICs e, em função destas alterações, rever as classificações existentes, confirmando-as, sugerindo novas classificações ou modificando e eliminando classificações já existentes. Além disso, os agentes devem exercer uma atividade pró-ativa validando classificações feitas por usuários, pois estas podem ser inconsistentes e conflitar com alguma classificação previamente realizada.

3.1.3. Recomendação de Itens de Conhecimento: A grande produção e armazenamento de ICs em meios informatizados tem como um de seus benefícios a possibilidade de recuperação de informações produzidas anteriormente e o conseqüente reaproveitamento do conhecimento já formalizado. Os portais têm como uma de suas finalidades a facilitação da recuperação de informações através da organização das mesmas em assuntos e da incorporação de ferramentas de busca.

A aplicação de agentes na recomendação de ICs em portais, no modelo proposto, visa buscar informações com maior nível de refinamento em relação à simples utilização de mecanismos de busca por palavras-chave, baseando as buscas em informações relacionadas ao contexto da solicitação do usuário e também ao contexto informacional a que o IC foi vinculado (através das funcionalidades de classificação de ICs). Esta contextualização pode ser incrementada com a utilização, por parte dos agentes, de informações acumuladas ao longo da utilização do sistema, de percepções acerca do ambiente e da interação com outros agentes.

Além disso, a recomendação de ICs no modelo proposto utiliza-se da característica pró-ativa dos agentes e trata da sugestão autônoma de documentos conforme a necessidade do usuário, detectada pelo sistema ao longo da utilização do mesmo. As atividades dos usuários podem ser monitoradas e, através disso, podem ser identificados assuntos de potencial interesse por parte do usuário com base em informações a respeito dos ICs acessados. Essas informações podem ser percebidas como modificações no ambiente em que os agentes estão inseridos e, com base nisso, os agentes podem recomendar ICs automaticamente que, de outra forma, necessitariam da iniciativa do usuário. Caso essa iniciativa não se efetivasse, ICs

úteis poderiam ficar sem ser conhecidos ou serem localizados em momento inoportuno, quando o usuário já não tem mais necessidade do IC em questão.

3.1.4. Comparação de Itens de Conhecimento: Entre as limitações existentes em mecanismos de buscas convencionais pode-se citar a busca por coincidência de termos, com baixo nível de semântica aplicado às consultas [7]: as pesquisas são feitas com base nas palavras utilizadas, desprezando seu significado e o contexto em que são utilizadas. Além disso, verifica-se, em algumas situações, o retorno de itens muito semelhantes ou idênticos, o que implica em uma sobrecarga de informações, muitas delas desnecessárias, obrigando o usuário a selecionar, entre os itens retornados, aqueles que lhe são interessantes ou, como alternativa, efetuar novas pesquisas modificando os termos utilizados. Aliado à aplicação de semântica nas operações de busca, o modelo proposto tem como característica permitir a comparação entre ICs. Dessa maneira, uma busca não deve, necessariamente, retornar itens duplicados. Além disso, deve ser possível identificar e sugerir ao usuário ICs que sejam complementares: um item retornado pode ter, associado a si, outros itens com informações diferentes e, ainda assim, complementares. Por fim, a comparação pode permitir identificar ICs que estejam em oposição entre si, retornando ao usuário itens que sejam contraditórios, o que pode facilitar a comparação entre diferentes teorias, pontos de vista etc.

Neste contexto, agentes podem exercer atividades como, por exemplo, a comparação de ICs acessados com outros ICs, fornecendo suporte às atividades de recomendação, citadas anteriormente. Além disso, ao fazer comparações, diferentes agentes podem interagir entre si trocando informações com a finalidade de refinar as comparações, tornando-as contextualizadas e incrementando seu nível de refinamento e de semântica.

3.1.5. Cristalização de itens de conhecimento: Ambientes em que o conhecimento é compartilhado podem reunir usuários com diferentes níveis de conhecimento em determinados assuntos. E as interações dos usuários sobre este ambiente produzem ICs com diferentes níveis de relevância e confiabilidade. No modelo proposto, de maneira semelhante ao descrito na análise de aplicações, utiliza-se o conceito de "cristalização" para definir o quanto um IC é consolidado e confiável. Esse nível de cristalização se efetiva através do tempo, à medida em que usuários acessam ICs, os refinam e emitem opiniões a seu respeito. Dessa maneira, de uma forma gradual, alguns itens de conhecimento atingem níveis de cristalização superior a outros.

3.1.6. Gerenciamento de comunidades: No modelo proposto, agentes podem ser usados para reunir usuários, de forma automatizada, em "comunidades" ou grupos de usuários que compartilhem os mesmos interesses, conhecimentos e necessidades de informação. Através do monitoramento das atividades dos usuários junto ao portal, é possível determinar assuntos a respeito dos quais estes têm interesse e conhecimento. Usuários com interesses e conhecimentos semelhantes podem ser reunidos em comunidades. Essa alocação dos usuários em comunidades pode ser feita de maneira automatizada: ao perceber mais de um usuário tratando a respeito de um mesmo assunto, agentes podem interagir entre si e reunir estes usuários em grupos.

3.2. ARQUITETURA

A arquitetura do modelo proposto é exibida na figura 2.

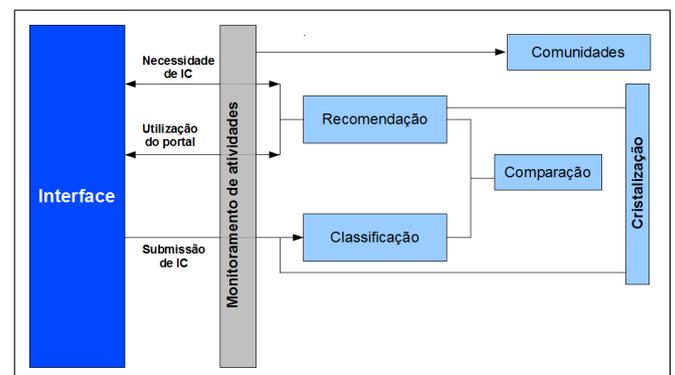


Figura 2. Arquitetura

Conforme a figura 2, a interface do sistema constitui o meio entre o sistema e o ambiente externo (usuário ou outros sistemas). Através dela, usuários podem submeter ICs ao portal, podem buscar ICs de que tenham necessidade ou podem realizar outras operações quaisquer no portal. Estas três formas de interação devem ser detectadas pelo sistema. No momento em que um novo IC é submetido ao sistema, ou quando alguma alteração é feita em um IC já existente, os agentes responsáveis devem promover a classificação do IC em questão. Esta classificação pode acontecer de maneira automatizada e pode também contar com a intervenção do usuário, que pode sugerir classificações de acordo com o seu conhecimento tácito. Em qualquer uma destas situações, deve acontecer uma validação da classificação atribuída ao IC em questão. Ao ser classificado de maneira automatizada, esta classificação deve ser comparada com classificações já existentes (quando houverem) para detectar eventuais inconsistências. Além disso, quando houver sugestão de classificação por parte do usuário, esta deve ser validada para que esteja em consonância com classificações sugeridas pelo

sistema.

A necessidade de obtenção de ICs pode acontecer através da solicitação formal do usuário ou pode ser detectada de maneira autônoma através da interação do usuário com o sistema. A partir desta necessidade, os agentes componentes do sistema devem recomendar os itens mais adequados à necessidade identificada. A atividade de classificação é suportada pela função de comparação. Ao executar a função de classificação, além de identificar a melhor forma de classificar o IC, o sistema deve compará-lo com ICs já existentes e estabelecer relações entre eles. Além disso, no momento em que um IC é submetido ao sistema, este já é inserido no processo de cristalização.

A atividade de recomendação, por sua vez, é suportada pelas funções de comparação e de cristalização. Ao executar uma recomendação de IC, o sistema deve analisar relações como, por exemplo, similaridade, complementação e oposição entre ICs a serem recomendados ao usuário. Além disso, é interessante informar ao usuário o nível de cristalização dos ICs recomendados para que este possa identificar com facilidade quais ICs são mais consolidados e têm maior potencial de satisfazer suas necessidades de informação. Paralelamente às atividades envolvendo a submissão de ICs, a atividade dos usuários junto ao portal é monitorada e informações são reunidas para que sejam identificados usuários com interesses e conhecimentos similares e esses venham a ser reunidos em comunidades.

3.3. AGENTES

Para que as funcionalidades descritas anteriormente sejam implementadas, são propostos seis agentes: agente classificador, agente recomendador, agente intermediador, agente comparador, agente cristalizador e agente gerenciador de comunidades.

3.3.1. Agente intermediador: A cada usuário é associado um agente do tipo *intermediador*. Este agente é responsável por introduzir, na sociedade de agentes em questão, as demandas de conhecimento geradas pelos usuários e tem como objetivo informar os agentes apropriados a respeito de uma nova necessidade de IC. Para atingir tal objetivo, o agente precisa ter percepção das novas necessidades de conhecimento existentes por parte do usuário. Para isso, no modelo exibido na Figura 3, tal percepção é representada pela legenda *necessidadeDeIC(assunto)*. O parâmetro *assunto* informa ao agente detalhes a respeito da necessidade de IC e pode receber palavras-chave, frases, nomes de arquivo etc. Ao perceber uma necessidade de IC, a crença *necessitaItemDeConhecimento* é adicionada à base de crenças, indicando que o agente necessita de um IC conforme definido no parâmetro *assunto*. Além disso, tal percepção determina a execução da ação *busca-*

rIC(assunto), que incorpora as funcionalidades envolvidas na tentativa de obtenção do IC que atenda aos requisitos necessários. Na ação *buscarIC(assunto)*, o agente intermediador também envia uma mensagem ao agente recomendador (descrito a seguir), representada pela legenda *solicitacaoDeIC(assunto)*. Esta mensagem irá comunicar um agente do tipo *recomendador* a respeito da necessidade de IC por parte do usuário e o agente *recomendador*, por sua vez, irá agir de forma a atender a solicitação recebida.

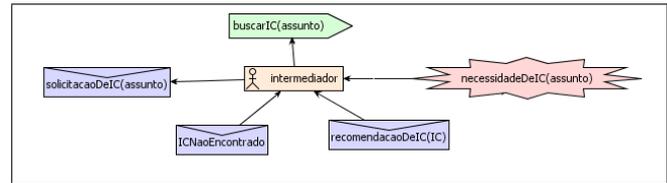


Figura 3. Agente Intermediador

A figura 4 exibe um diagrama que representa o protocolo de comunicação entre o agente *intermediador* e o agente *recomendador*. A comunicação inicia-se no momento em que o agente *intermediador* envia ao *recomendador* a solicitação de um IC segundo parâmetros enviados na mensagem. O agente *recomendador*, por sua vez, irá procurar ICs que atendam à solicitação recebida e também por usuários que tenham conhecimento a respeito do assunto solicitado. Caso sejam encontrados tais ICs e usuários, o agente *recomendador* retornará ao *solicitador* os ICs apropriados; caso contrário, o agente *recomendador* retornará uma mensagem informando ao agente *solicitador* que não foi encontrado IC de acordo com os parâmetros informados.

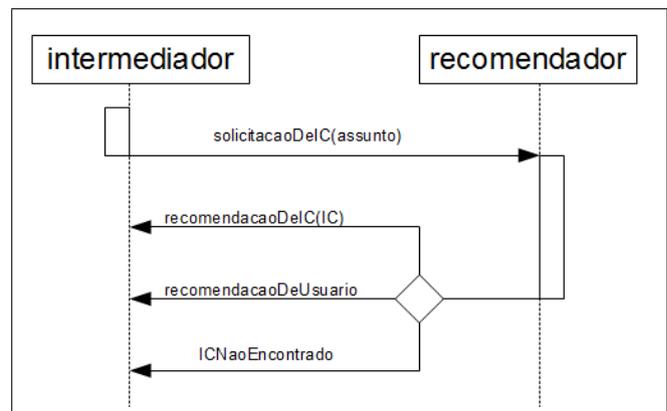


Figura 4. Protocolo de comunicação

3.3.2. Agente recomendador: Agentes do tipo *recomendador* são responsáveis, basicamente, por receber solicitações de ICs, e, em resposta a isso, fazer recomen-

dações de ICs e também de usuários, ligados ao sistema, que tenham conhecimentos que possam ser úteis. Para isso, o agente tem quatro objetivos: localizar ICs, definir relevância dos ICs localizados, localizar usuários com conhecimentos úteis e localizar usuários com interesses semelhantes. A Figura 5 representa o modelo do agente *recomendador*.

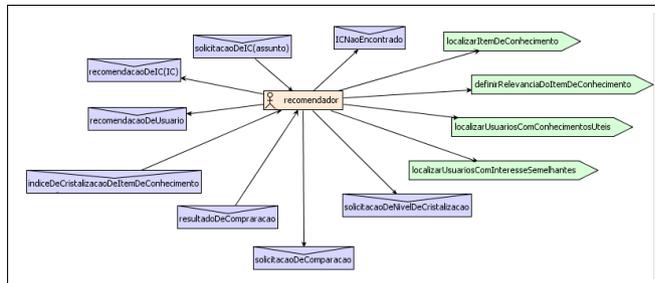


Figura 5. Agente Recomendador

A solicitação de IC por parte do usuário, descrita anteriormente, é representada pela legenda *solicitacao-DeIC(assunto)*. Esta solicitação é feita, no sistema, por um agente do tipo *intermediador*, e seu protocolo de comunicação foi descrito anteriormente e é representado através da Figura 4. Ao receber a solicitação, o agente irá acessar as bases de ICs que dispõe e procurará por itens que atendam à solicitação recebida, fazendo as devidas recomendações. Os métodos usados para definir os ICs a serem recomendados, bem como as formas de representação de conhecimento utilizadas fogem ao escopo deste trabalho.

Os ICs localizados, antes de serem retornados ao agente *intermediador* que fez a solicitação, serão avaliados pelos agentes *cristalizador* e *comparador*. O agente *cristalizador* informará o agente *recomendador* a respeito do nível de cristalização dos ICs retornados; o agente *comparador*, por sua vez, fará verificações nos ICs com vistas a detectar itens com conteúdo igual, bem como ICs com informações complementares e opostas. Estas informações serão repassadas ao usuário. Paralelo à busca por ICs, o agente *recomendador* contactará um agente do tipo *gerenciador de comunidades*, avisando-o que o usuário necessita de conhecimento a respeito do assunto em questão. O agente *gerenciador de comunidades* armazenará esta informação e retornará uma lista de usuários que tenham interesse e conhecimento em assuntos correlatos. Dessa forma, o usuário poderá entrar em contato com os usuários sugeridos em busca de conhecimentos que lhe sejam úteis. Estas interações entre os agentes exigem um protocolo de comunicação, que é representado pela Figura 6.

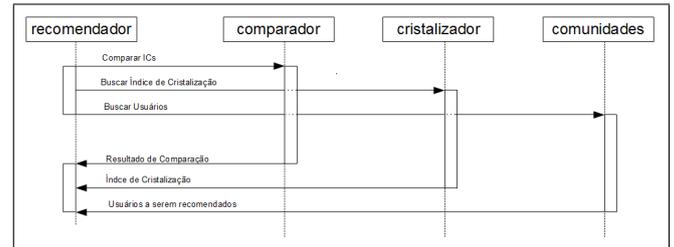


Figura 6. Protocolo de Comunicação

3.3.3. Agente comparador: Agentes do tipo *comparador* são responsáveis por fazer comparações e estabelecer relações entre ICs. Estas relações podem ser de três tipos:

- Relação de similaridade, quando houver semelhanças entre ICs;
- Relação de complementação, quando ICs tiverem informações pertencentes a um mesmo domínio, porém diferentes e, conseqüentemente, complementares;
- Relação de contradição, quando conteúdos dos ICs forem opostos entre si.

O agente *comparador* interage com o agente *recomendador*, conforme ilustrado na Figura 6. Ao receber a solicitação de comparação, o agente verifica a relação entre os ICs passados pelo agente recomendador e lhe retorna os resultados. As formas de comparação dos ICs não se incluem no escopo deste trabalho.

3.3.4. Agente cristalizador: Agentes do tipo *cristalizador*, são responsáveis, no modelo proposto, pela cristalização de ICs. A cristalização, conforme mencionado anteriormente, é o índice que define o quanto o IC é consolidado e confiável. O nível de cristalização evolui conforme ICs são acessados e também através das avaliações positivas dos usuários.

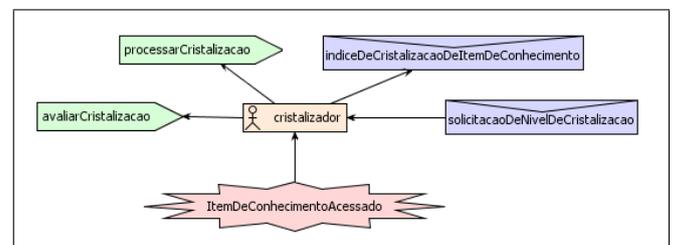


Figura 7. Agente Cristalizador

As tarefas executadas pelo agente *cristalizador* são duas: persistir a evolução da cristalização e recuperar o

nível de cristalização dos ICs. Para persistir a cristalização, o agente utiliza-se de dois procedimentos distintos. Um deles é a percepção do acesso a ICs, feito de maneira autônoma. O agente acompanha os ICs acessados, verificando informações como quantidade de acessos, frequência de acessos, número de acessos feitos pelos mesmos usuários, sugestão etc. Através destas informações, o agente garante a evolução do nível de cristalização dos ICs. Além disso, no modelo proposto, os usuários podem avaliar os ICs, atribuindo-lhes diferentes níveis de utilidade e confiabilidade. Esta informação também será considerada pelo agente cristalizador na evolução da cristalização dos ICs.

O índice de cristalização é utilizado em resposta a solicitações feitas pelo agente recomendador, através de interação representada pela Figura 6.

3.3.5. Agente classificador: Agentes do tipo *classificador* são responsáveis por classificar os ICs de maneira adequada. Para uma recuperação eficiente, os ICs devem ser classificados corretamente, sendo vinculados a assuntos, palavras-chave etc. Para atingir seus objetivos, o agente classificador tem duas percepções acerca do ambiente em que está inserido: deve perceber a inserção de um novo IC e também alterações em ICs já existentes. Diante destas percepções o agente inicia o processo de classificação do IC em questão. Da maneira semelhante ao agente comparador, os métodos de classificação e as formas de representação de conhecimento utilizadas para tal não se incluem no escopo deste trabalho.

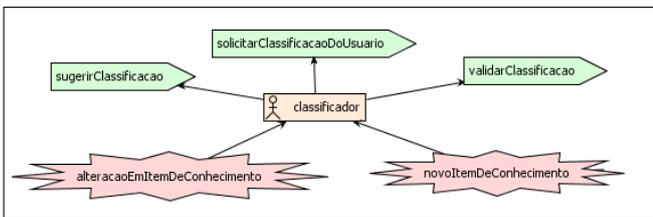


Figura 8. Agente Classificador

3.3.6. Agente gerenciador de comunidades: Agentes do tipo *gerenciador de comunidades*, conforme o nome sugere, atuam em prol da funcionalidade de gerenciamento de comunidades, proposta no presente modelo. Para atingir seus objetivos, o agente gerenciador de comunidades precisa ter a percepção de ICs que, eventualmente, venham a ser acessados. O acesso a um IC denota o interesse do usuário por assuntos a que tal item se refere, bem como algum nível de conhecimento adquirido a respeito de tais assuntos. Além disso o agente pode receber solicitações de recomendação de usuários por parte do agente recomendador. O agente gerencia-

dor de comunidades, diante das percepções e mensagens trocadas, irá manter listas que representam grupos (ou comunidades) de usuários. Estas comunidades serão formadas conforme os assuntos a que se referem os ICs e podem agrupar duas categorias de usuários: usuários que tenham conhecimento e usuários que tenham interesse em determinados assuntos. Usuários com interesse a respeito de determinados assuntos são aqueles que através de solicitações ou de navegação, manifestam interesse, detectado através do agente intermediador. Usuários que tenham conhecimento a respeito de determinados assuntos são aqueles que obtêm respostas à solicitações de ICs ou que inserem ICs no sistema. Pode haver uma intersecção entre usuários que tenham conhecimento e interesse: usuários que têm conhecimento tem interesse; o contrário, porém não é verdadeiro: usuários que têm interesse não têm, obrigatoriamente, conhecimento.

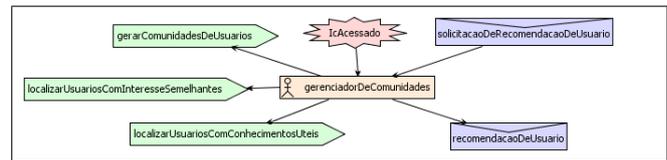


Figura 9. Agente Gerenciador de Comunidades

4. IMPLEMENTAÇÃO DE AGENTES

O modelo descrito anteriormente foi elaborado com base na teoria relacionada a agentes BDI. Para a implementação de tais agentes, em caráter de testes, foi utilizada a plataforma *Jason*, que é uma extensão da linguagem *Agent Speak* que, por sua vez, é uma linguagem de programação orientada a agentes baseados na arquitetura BDI([16], [19], [9]).

Para que os agentes implementados através da plataforma *Jason* possam ser executados em função dos estados mentais crenças, desejos e intenções, sua implementação é composta por três elementos principais: crenças, objetivos e planos. Enquanto as crenças representam aquilo que o agente "sabe" a respeito do ambiente, os objetivos representam os estados que o agente deseja conferir ao ambiente e os planos representam as atividades a serem executadas para que o agente atinja determinados objetivos.

As características descritas nas referências consultadas fornecem um indicativo de que a plataforma *Jason* pode ser usada para implementar os agentes do SMA para portal de conhecimento. Para analisar esta viabilidade com mais profundidade, alguns agentes foram implementados em caráter de teste. As implementações não tiveram objetivo de contemplar todas as características modeladas. Seu objetivo foi apenas verificar de que maneira as

crenças, objetivos e planos podem ser codificados para a implementação de agentes com arquitetura BDI e, além disso, verificar, de maneira prática, as possibilidades de interação entre os agentes implementados com *Jason*. Foram selecionados para implementação os agentes *intermediador*, *recomendador* e *gerenciador de comunidades*.

4.1. AGENTE INTERMEDIADOR

Agentes do tipo *intermediador* têm por função fazer a intermediação e monitorar as atividades dos usuários e junto ao sistema. Cada usuário terá um agente *intermediador* associado a si. Ao detectar necessidades de informação por parte do usuário, o agente tem adicionado à sua base de crenças a crença *necessitaItemDeConhecimento*, conforme exemplificado na 10:

```
necessitaItemDeConhecimento( "Gestão do Conhecimento" ).
```

Figura 10. Adição da crença *necessitaItemDeConhecimento*

Ao ser adicionada, a crença *necessitaItemDeConhecimento* gera um evento que inicia um plano de execução, conforme exibido na 11.

```
+necessitaItemDeConhecimento( _assunto ) <-
  .findall( Name, negociando( agenteRecomendador, Name ), Recomendadores );
  .send( Recomendadores, tell, solicitacaoDeIC( 1, _assunto ) ).
```

Figura 11. Plano de execução para a crença *necessitaItemDeConhecimento*

O parâmetro *assunto*, entre parênteses, informa a expressão a respeito da qual o agente solicitador procura ICs. No plano de execução exemplificado, o agente *intermediador* entra em contato com agentes do tipo *recomendador* buscando recomendações de ICs adequados. Ao receber recomendações, o agente tem adicionado a sua base de crenças a crença *propostaDeIC*, conforme exibido na figura 12

```
+propostaDeIC( CNPID, _offer ) <-
  .findall( offer( O, A ), propostaDeIC( CNPID, O ) [source( A )], L );
  .print( "Recomendações recebidas: ", L ).
```

Figura 12. Recomendações Recebidas

Uma última crença prevista para o agente *solicitador* é denominada *recusaSolicitacaoDeIC* e tem significado oposto à crença *propostaDeIC*: é adicionada à BC quando uma solicitação de IC não têm resposta satisfatória.

4.2. AGENTE RECOMENDADOR

Agentes do tipo *recomendador* são responsáveis pelo recebimento das solicitações de ICs por parte dos agentes intermediadores e, diante disso, realizam tarefas necessárias para entregar respostas satisfatórias às solicitações

```
+recusaSolicitacaoDeIC( CNPID ) <-
  .print( "Nenhum IC localizado" ).
```

Figura 13. IC não localizado

recebidas. Ao receber uma solicitação, o agente tem adicionada a sua base de crenças a crença *solicitacaoDeIC*, que indica que o agente precisa buscar um IC que atenda aos parâmetros que lhe foram comunicados e dá início ao plano de execução exibido na Figura 14. O plano em questão, através dos objetivos *buscarRecomendacaoDeIC* e *buscarRecomendacaoDeEspecialista*, realiza a busca por ICs e também por outros usuários que possam contribuir com informações relacionadas ao assunto solicitado.

```
+solicitacaoDeIC( CNPID, _assunto ) [source( A )]
:participando( agenteDestinatario, A ) -
  !buscarRecomendacaoDeIC( A, CNPID, _assunto );
  !buscarRecomendacaoDeEspecialista( A, _assunto ).
```

Figura 14. Solicitação de IC

Os planos de execução para os objetivos *buscarRecomendacaoDeIC* e *buscarRecomendacaoDeEspecialista* são exibidos na 15. Nestes planos, observa-se algumas ações do agente como consulta a base de crenças e interação com outros agentes.

```
+!buscarRecomendacaoDeIC( _agente, _cnpid, _assunto )
: itemDeConhecimento_Por_Assunto( _assunto, ID, Titulo, Cristalizacao ) <-
  .findall( Y, itemDeConhecimento_Por_Assunto( _assunto, X, Y, Z ), L );
  .findall( Z, itemDeConhecimento_Por_Assunto( _assunto, X, Y, Z ), L1 );
  .print( "Foram encontrados Itens de Conhecimento" );
  .send( _agente, tell, propostaDeIC( _cnpid, L ) );
  .send( _agente, tell, propostaDeIC( _cnpid, L1 ) ).

+!buscarRecomendacaoDeIC( _agente, _cnpid, _assunto )
: not itemDeConhecimento_Por_Assunto( _assunto, ID, Titulo, Cristalizacao ) <-
  .print( "Não foram encontrados Itens de Conhecimento" );
  .send( _agente, tell, recusaSolicitacaoDeIC( _cnpid ) ).

+!buscarRecomendacaoDeEspecialista( _solicitador, _assunto ) <-
  .print( "solicitando recomendacao de especialista sobre", _assunto );
  .send( comunidades, tell, solicitacaoDeEspecialista( 1, _assunto, _solicitador ) ).
```

Figura 15. Planos de execução - Agente Recomendador

4.3. AGENTE GERENCIADOR DE COMUNIDADES

Agentes do tipo *gerenciador de comunidades* têm por atribuição identificar e recomendar usuários com conhecimentos e interesses em determinados assuntos (especialistas) e gerenciar grupos que reúnam usuários com conhecimentos e interesses em assuntos semelhantes. Ao perceber a necessidade recomendação de um especialista, o agente tem adicionada a sua base de crenças a crença *soliciaacaoDeEspecialista*. Ao ser adicionada, esta crença gera um evento que aciona um plano de execução denominado *buscarEspecialistaPorAssunto*. A adição da crença

solicitacaoDeEspecialista e os planos de execução do objetivo *buscarEspecialistaPorAssunto* são exibidos na figura 16.

```
+solicitacaoDeEspecialista(CNPId, assunto, solicitador)[source(B)] <-
!buscarEspecialistaPorAssunto( B, CNPId, assunto, _solicitador ).

+!buscarEspecialistaPorAssunto( _agente, _cnpid, assunto, _solicitador )
: especialista Por Assunto( _assunto, ID, Titulo ) <-
.findall( Y, especialista_Por_Assunto( _assunto,X, Y ), L );
.print( "executor");
.send( _agente, tell, propostaDeEspecialista( _cnpid, L ) ).

+!buscarEspecialistaPorAssunto( _agente, _cnpid, assunto, solicitador )
: not especialista Por Assunto( _assunto, ID, Titulo ) <-
.print( "Nenhum usuário localizado", _assunto ).
```

Figura 16. Agente Gerenciador de Comunidades

Os planos de execução do objetivo *buscarEspecialistaPorAssunto* utilizam-se da crença *especialistaPorAssunto*, exibida na figura 17

```
especialista_Por_Assunto( _assunto, ID, NomeAutor )
:- itemDeConhecimento( ID, _, _, _ ) &
itemDeConhecimentoPorAssunto( PalavrasChave, ID ) &
palavrasChave( PalavrasChave, Descricao ) &
itemDeConhecimentoPorAutor( ID, Autor ) &
autor( Autor, NomeAutor ) &
.substring( _assunto, Descricao ).
```

Figura 17. Crença Especialista por Assunto

4.4. CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA IMPLEMENTAÇÃO

Conforme mencionado anteriormente, as implementações feitas não têm por objetivo esgotar as possibilidades da plataforma *Jason* nem contemplar todas as funcionalidades modeladas e descritas. Não foram contempladas, por exemplo, características da plataforma como a execução do sistema em ambiente distribuído, criação de interface personalizada para entrada e saída de dados ou criação de funções personalizadas (*internal actions*).

Além disso, foram contempladas características relacionadas à recuperação de informações (ICs e especialistas), porém não foram mencionadas funcionalidades relacionadas à entrada de informações no sistema. Quanto à recuperação de informações, esta foi feita apenas através da utilização de palavras-chave. Como incremento, pode-se utilizar, por exemplo, a aplicação de ontologias. Isso permitiria que ICs fossem recuperados e especialistas fossem sugeridos com base em um processamento com certo nível de semântica, ultrapassando o limite da simples utilização da coincidência de palavras como critério de seleção.

Entre alguns aspectos adicionais relacionados aos testes realizados, pode-se citar que parte das crenças dos agentes é persistida em um banco de dados relacional e a saída de dados foi feita em um terminal, sem refinamentos na interface.

5. CONCLUSÃO

O conhecimento tem sido citado por muitos autores como recurso importante e determinante para o sucesso das organizações nos dias atuais. Devido a essa importância, diversas práticas, reunidas sob o conceito de "Gestão do Conhecimento" têm sido utilizadas para gerenciar o conhecimento de maneira eficiente nas organizações. Em contextos caracterizados pela grande quantidade de conhecimento produzido, divulgado e acessado de diversas maneiras, ferramentas tecnológicas constituem uma importante fonte de apoio às práticas de GC. Além disso, deve-se levar em conta que o conhecimento, nas organizações, pode estar física e logicamente distribuído: informações podem estar armazenadas em diversos meios, sob diversas formas, e pessoas podem estar fisicamente distantes. Para prestar auxílio à GC neste contexto, SMAs podem ser uma alternativa tecnológica adequada. Em vista disso, o presente artigo teve como objetivo analisar a viabilidade e as vantagens do uso de SMAs no desenvolvimento de ferramentas de suporte à GC.

As diversas aplicações analisadas sinalizaram iniciativas isoladas e pontuais de utilização de SMA para apoio à GC. Apesar de serem iniciativas isoladas e pontuais, no entanto, foi possível verificar que SMAs podem ser utilizados em atividades relacionadas à GC e proporcionam um incremento na qualidade destas atividades através de características como a pró-atividade dos agentes e a possibilidade de execução de forma distribuída. Ao agirem de maneira pró-ativa, os agentes podem fazer com que informações sejam procuradas, encontradas e sugeridas aos usuários sem demandar, por parte destes, qualquer tipo de iniciativa. Tal característica é importante pois pode auxiliar na redução do trabalho dos usuários na busca de informações e no incremento da qualidade das informações. Além disso, a computação distribuída pode fazer com que agentes trabalhem em favor do sistema e dos usuários sem demandar que estes estejam fisicamente próximos e sem demandar que os ICs estejam reunidos em um único ambiente. Estas características, aplicadas a ambientes com alta produção e demanda de conhecimento, onde há heterogeneidade em aspectos como, por exemplo, terminologias, formas de armazenamento de informações, localização de usuários, formas de acesso às informações, ratificam a aplicabilidade de SMAs à GC.

Com o modelo proposto neste artigo, buscou-se unificar diversas funcionalidades da GC que podem ser apoiadas por SMAs. Para isso, procurou-se abranger diversas funcionalidades através da utilização diferentes tipos de agentes, de modo que estes possam agir de maneira colaborativa na realização de atividades relacionadas à GC, de acordo com as funções que lhes foram atribuídas.

Quanto ao modelo de SMA apresentado, este é resultado de análise e reflexão a respeito de aspectos teóricos relacionados à GC, SMA e também outros trabalhos re-

lacionados ao assunto. Com a evolução dos estudos, o modelo pode ser refinado, acrescido de novos agentes e, de forma semelhante, os agentes definidos podem sofrer refinamentos em suas características. Quanto ao ambiente a que o modelo foi definido, utilizou-se o contexto de um portal *web* genérico devido ao fato de esta tecnologia ser recomendada na literatura como ferramenta de apoio à GC. O modelo apresentado, no entanto, pode ser aplicado, com as devidas adaptações a outros ambientes tecnológicos. Além disso, pode-se, em trabalhos futuros, estender o modelo a um portal com funcionalidades e tecnologias específicas.

Com relação à implementação dos agentes modelados, a plataforma *Jason* se mostrou uma alternativa viável para a implementação de agentes BDI, incluindo aqueles modelados neste trabalho. A implementação, porém, teve caráter meramente experimental, não sendo utilizável em um ambiente real sem uma série de complementações. Em trabalhos futuros, a implementação dos agentes pode ser incrementada e acrescida funcionalidades e características não contempladas, tais como execução de agentes distribuídos em uma rede de computadores, utilização de ontologias, entre outros.

Referências

- [1] M. Bonifacio; A. Manzardo; P. Bouquet. A distributed intelligence paradigm for knowledge management. *Spring Symposium Series 2000 on Bringing Knowledge to Business Processes*, pages 69–76, 2000.
- [2] W. Dai; S. H. Rubin; C. Chen. Supporting knowledge management infrastructure: A multi-agent approach. *Proceedings of the IEEE/WIC International Conference on Intelligent Agent Technology*, page 461, 2008.
- [3] G. Garcia; R. Cobos. A multi-agent platform for extending a knowledge management system. *IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence*, 18:59–65, 2006.
- [4] A. D. Marwick. Knowledge management technology. *IBM systems journal*, 40:814–830, 2001.
- [5] R. A. Freitas; L. W. Quintanilla; A. S. Nogueira. *Portais Corporativos: Uma ferramenta estratégica para a Gestão do Conhecimento*. Editora Brassport, 2004.
- [6] A. Vizcaino; J. P. Soto; J. Portillo; M. Piattini. A multi-agent model to develop knowledge management systems. *Proceedings of the 40th Annual Hawaii International Conference on System Science*, page 203, 2007.
- [7] M. E. V. Pickler. Web semântica: ontologias como ferramentas de representação do conhecimento. *Perspect. ciênc. inf. [online]*, 12(1):6–14, apr 2007. <http://www.eci.ufmg.br/pcionline/index.php/pci/article/viewFile/251/468>.
- [8] T. Davenport; L. Prusak. *Working Knowledge. How Organizations Manage What They Know*. Harvard Business School Press, 1998.
- [9] A. S. Rao. Agent speak(1): Bdi agents speak out in a logical computable language. In Rudy van Hoe, editor, *Seventh European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World*, Eindhoven, The Netherlands, 1996.
- [10] R. Ruggles. The state of the notion: knowledge management in practice. *California management review*, 40:80–89, 1998.
- [11] B. Yu; M. P. Singh. An agent-based approach to knowledge management. *Proceedings of the eleventh international conference on Information and knowledge management*, pages 642–644, 2002.
- [12] R. S. S. Guizzardi; P. G. Ludermir; D. Sona. A recommender agent to support knowledge sharing in virtual enterprises. <http://www.inf.ufes.br/rguizzardi/publications/guizz-luder-sona-virtualenterprises07-cameraready.pdf>. Acesso em: 28 nov. 09.
- [13] E.O. Spinola. Portais corporativos e a gestão do conhecimento. *GC Brasil*, 7:6–14, 2008.
- [14] I. Nonaka; H. Takeuchi. *Criação de conhecimento na empresa*. Campus, 10 edition, 1997.
- [15] J. C. C. Terra. *Gestão do conhecimento: o grande desafio empresarial: uma abordagem baseada no aprendizado e na criatividade*. Editora Negocio, 2000.
- [16] J. F. Hübner; R. H. Bordini; R. Vieira. Introdução ao desenvolvimento de sistemas multiagentes com jason. *XII Escola de Informática da SBC*, pages 51–89, 2004.
- [17] E. Wenger. *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge University Press, 1998.
- [18] W. R. Bukowitz; R. L. Williams. *Manual de gestão do conhecimento: ferramentas e técnicas que criam valor para a empresa*. Bookman, 1997.
- [19] R. H. Bordini; J. F. Hübner; M. Wooldridge. *Programming multi-agent systems in Agent Speak using Jason*. John Wiley and Sons, 2007.

- [20] C. Zhang; D. Tang; Y. Liu; J. You. A multi-agent architecture for knowledge management system. *Fifth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, 5:433–437, 2008.