

# Uso de Agentes e Ontologias na Integração de Sistemas de Informação em Saúde

Carine G. Webber<sup>1</sup>, Diana F. Adamatti<sup>1</sup>, Juliana Salvadori<sup>1</sup>, Luis Felipe Pinto<sup>2</sup>, Alexandre Ribeiro<sup>1</sup>, Alcindo Ferla<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciências Exatas e Tecnologia  
Universidade de Caxias do Sul – RS

<sup>2</sup>Centro Universitário Serra dos Órgãos  
Teresópolis – RJ

<sup>3</sup>Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Universidade de Caxias do Sul - RS

**Abstract.** *This paper presents a multiagent system for integrating health information systems applied to OTICSSS project under development. This project seeks to conceive and implement a web-based Portal having embedded technologies to integrate Brazilian Health Information Systems. Integration databases technologies, as well ontologies and multiagents systems, have been applied to tools development. This paper focus on one solution already implemented, and illustrates its use by a simple example.*

**Resumo.** *Este artigo apresenta um sistema multiagentes para a integração de sistemas de informação em saúde no contexto do projeto em desenvolvimento OTICSSS. Este projeto busca conceber e implementar um Portal web com soluções tecnológicas colaborativas disponíveis para usuários profissionais da área. Este artigo apresenta uma das soluções desenvolvidas para a integração de sistemas, ilustrando o seu uso através de um exemplo simples.*

## 1. Introdução

Sistemas de informação em saúde (SIS) se caracterizam pelo grande volume de dados e pela ausência de mecanismos de integração entre suas bases. No Brasil o órgão responsável pelos sistemas de informação é o Datasus. Através de sua página web é possível ao usuário o acesso parcial aos seus dados. Constata-se entretanto, que os profissionais da área da saúde pouco utilizam este recurso pois ele não atende as suas demandas locais. A granularidade das informações acessíveis não permite que um profissional encontre informações sobre o seu município ou unidade básica de saúde que o auxilie na prestação de serviços ou na gestão dos recursos. Além disso, os cruzamentos entre informações oriundas de bases de dados distintas não são possíveis, o que dificulta a construção de um panorama geral sobre a saúde no Brasil.

Do ponto de vista tecnológico, os SIS foram desenvolvidos de forma heterogênea e independente não seguindo um padrão único para a representação das informações. Somando-se a este fato o grande volume de informações, se torna inviável integrar recursos a fim de construir uma arquitetura global dos sistemas. Neste contexto, as arquiteturas multiagentes constituem um modelo natural para a integração de sistemas, permitindo que eles coexistam em um ambiente, troquem informações e cooperem a partir de vocabulários controlados e ontologias.

O presente trabalho tem como principal objetivo descrever e ilustrar uma arquitetura multiagentes para a integração entre SIS. Para o desenvolvimento do protótipo considerou-se os sistemas de informação SIM (Mortalidade), SINASC (Nascidos Vivos) e os dados demográficos do IBGE. O desenvolvimento do protótipo foi realizado utilizando-se a plataforma JADE, o modelo de agentes BDI, e ontologias da área da saúde. Esta ferramenta integra-se ao projeto “Observatório de Tecnologias de Informação e Comunicação em Sistemas e Serviços de Saúde: análise e sistematização de recursos tecnológicos utilizados para apoio à gestão de sistemas e ao ensino de trabalhadores em diferentes contextos do Sistema Único de Saúde (SUS)” - OTICSSS<sup>1</sup>. Busca-se através deste projeto desenvolver e implementar um Portal *web* com soluções tecnológicas para integração dos Subsistemas Nacionais de Informação em Saúde e outras bases de dados de nível municipal, visando qualificar o monitoramento e avaliação de indicadores de saúde. Desta forma profissionais da área poderão desenvolver atividades de ensino e gestão de forma colaborativa.

## 2. Fundamentos do Trabalho

A abordagem desenvolvida se baseia nos conceitos de sistemas multiagentes (SMA), arquiteturas de agentes BDI, e ontologias como forma de representação do conhecimento. Um SMA pode ser definido como sendo constituído por um conjunto de agentes que trabalham e interagem entre si para realizar um conjunto de tarefas e cumprirem objetivos (JENNINGS, 2001). O modelo BDI (belief, desire, intention) é baseado no modelo de decisão racional humano. Este modelo é chamado desta forma porque reconhece a importância de crenças, desejos e intenções nos processos de raciocínio prático (WOOLDRIDGE, 2000).

Em agentes do tipo BDI, os processos internos são representados por crenças, desejos e intenções e possuem um mecanismo de controle que determina de forma racional como as ações serão executadas. Crenças são as informações que um agente tem acerca do ambiente no qual ele se encontra. Essas crenças podem algumas vezes ser incompletas ou incorretas. Desejos representam os estados do mundo que o agente deseja alcançar. É necessário que os desejos sejam consistentes uns com os outros. Intenções representam os desejos com os quais o agente se comprometeu efetivamente em alcançar. Agentes BDI possuem objetivos explícitos (desejos), perseguem estes objetivos adotando os planos apropriados (intenções) de acordo com conhecimentos (crenças) sobre o estado corrente do mundo.

---

1 Projeto de pesquisa aprovado no Edital no Edital CNPq/Decit nr. 23/2006 e em editais nas agências estaduais de fomento à pesquisa no Pará e em Tocantins e desenvolvidos em rede científica com instituições em todas as regiões do país.

Em se tratando de uma aplicação na área da saúde, empregou-se ontologias baseadas em vocabulários como CID-10 (classificação internacional de doenças e problemas relacionados à saúde) e criou-se mecanismos para a associação entre termos equivalentes utilizados por SIS distintos. Outros padrões bem conhecidos tais como UMLS (Unified Medical Language System), HL7 (Health Level Seven) e SNOMED (Systematized Nomenclature of Medicine) foram estudados porém não foram utilizados nesta etapa do trabalho.

### 3. Arquitetura Multiagentes

A figura 1 ilustra a arquitetura multiagentes composta por três camadas: camada de suporte (nível mais baixo), camada de serviços (nível intermediário), e camada de interfaces (nível mais alto).

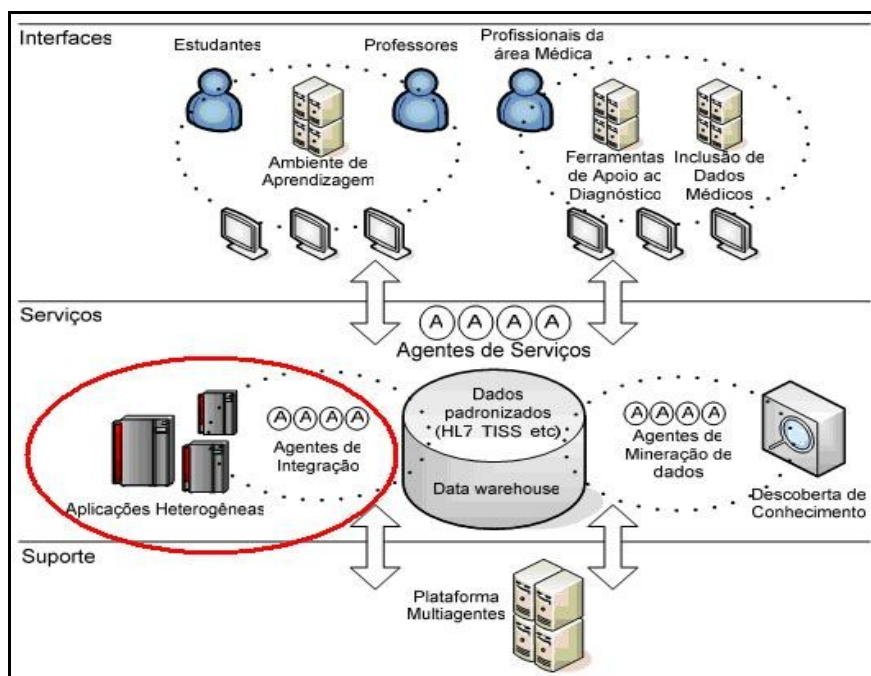


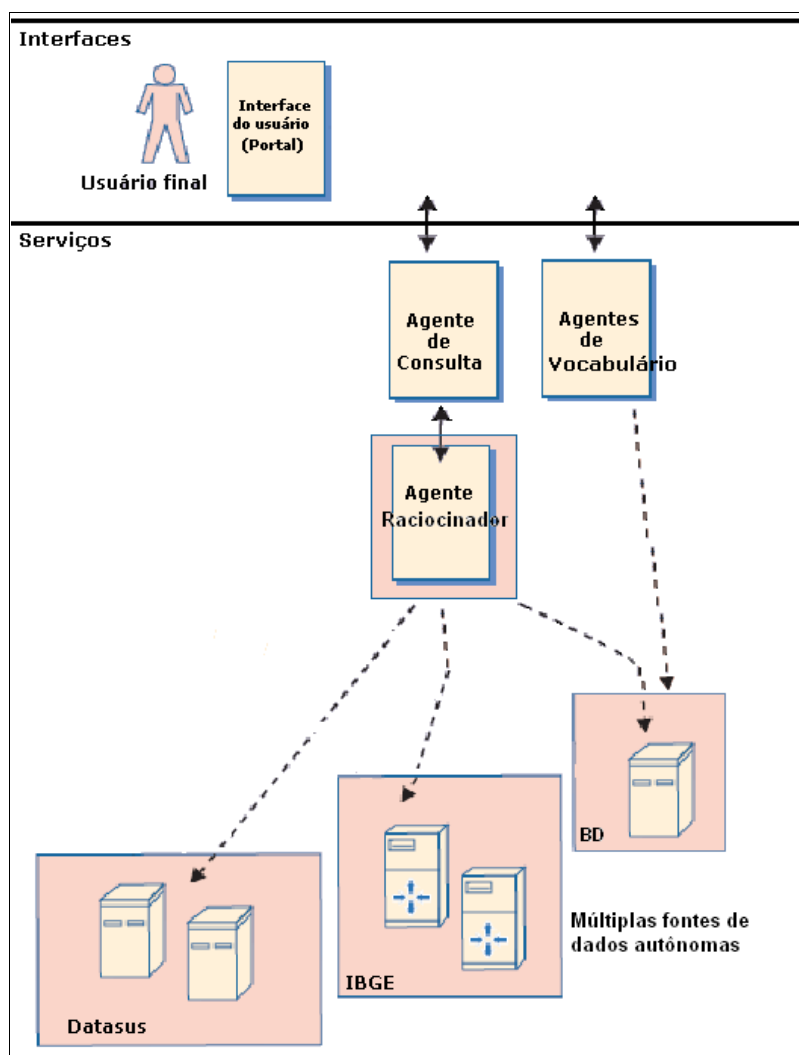
Figura 1. Arquitetura multiagentes em três camadas

A camada de suporte é formada por uma plataforma multiagentes, responsável pelo gerenciamento dos agentes e comunicação (plataforma JADE). A camada de serviços fornece a infraestrutura necessária para a integração dos sistemas existentes através das ontologias, devendo fornecer informações para a camada de interfaces. Ela implementa também mecanismos de descoberta de conhecimento. Na camada de serviços destaca-se os agentes de integração de bases de dados, que serão descritos na próxima seção (seção 4). A camada de interfaces permite a interação com os usuários (profissionais da área da saúde, professores e estudantes). A camada de interfaces deve possuir ainda um conjunto de agentes especializados no monitoramento do uso das interfaces, tendo como objetivo identificar as preferências dos usuários e permitir a personalização dos diversos ambientes disponíveis aos seus respectivos usuários. Por exemplo, para usuários que

prestam atendimentos em saúde, o sistema oferece ferramentas especializadas para o acompanhamento dos pacientes. Já para professores e estudantes, ferramentas de auxílio ao ensino e aprendizagem são disponibilizadas.

#### 4. Agentes de Integração de SIS

Para a integração dos SIS utilizados no protótipo desenvolveu-se três agentes denominados: agente raciocinador, agente de consulta, e agente de vocabulário (figura 2). Em termos funcionais, o agente de consulta é responsável por interagir com o usuário, receber as suas demandas e repassá-las ao agente raciocinador. O raciocinador decompõe a demanda do usuário em consultas que se aplicam às diferentes fontes de informação, sendo auxiliado pelo agente de vocabulário. Este é responsável por traduzir termos entre vocabulários para o agente raciocinador.



**Figura 2** – Agentes para integração de consultas

## **Modelagem BDI (Crenças, Desejos e Intenções)**

Os estados mentais do agente raciocinador foram representados conforme o modelo BDI. De acordo com o modelo BDI, as crenças representam os conhecimentos que o agente possui sobre o ambiente onde atua. As crenças aqui são conhecimentos sobre termos de vocabulário distintos oriundos das diversas fontes de dados heterogêneas conhecidas. As crenças precisam ser previamente definidas através da inclusão de indicadores (variáveis) que cada base de dados possui (figura 3 mais adiante).

Os desejos representam estados do ambiente que o agente quer atingir. Dentro do contexto da arquitetura proposta por este trabalho, os desejos são representados pelas consultas que o usuário define, baseadas em variáveis e seus respectivos valores (crenças). Cada desejo (consulta) tem associado a si um conjunto de condições, as quais expressam as transformações no ambiente que o agente quer provocar. Estas condições são os filtros selecionados para restringir a consulta. Um desejo é candidato a gerar uma intenção quando todas as suas pré-condições são satisfeitas, ou seja, se possui valores cadastrados para todos os filtros selecionados. Os desejos possuem também pós-condições que são utilizadas apenas pelas intenções geradas, a fim de verificar sua realização.

As intenções, da mesma forma que os desejos, correspondem a estados do ambiente que o agente quer atingir. Ao contrário dos desejos, as intenções exigem um comprometimento do agente. Diante disso, uma intenção é representada pela consulta do usuário que o agente se compromete em realizar através de um plano de ação. Ao contrário das crenças e desejos que são inicialmente especificadas, este plano de ação fica sob responsabilidade do agente raciocinador.

A intenção escolhida também possui, associada a si, um conjunto de condições que expressam as transformações que o agente quer provocar no ambiente através da execução de um conjunto de ações. Quando uma intenção é gerada, assume-se que todas as suas pré-condições estão satisfeitas, ou seja, foi encontrado um valor (crenças) para cada uma das variáveis selecionadas pelo usuário. A intenção é dita realizada quando possui todas as pós-condições satisfeitas. No caso, afirma-se isso quando a consulta é executada e retorna as informações solicitadas ao usuário.

Toda consulta gera uma intenção a partir do momento em que o usuário solicita que ela seja executada. Uma vez criada a intenção, o agente identificará e executará um conjunto de ações para alcançar seu objetivo, tais como:

- 1. Verificar quais variáveis existem e se aplicam nas consultas direcionadas a cada base de dados;*
- 2. Buscar os valores internos de cada uma das variáveis para cada uma das bases disponíveis (Datapus e IBGE);*
- 3. Acessar cada base de dados;*
- 4. Executar a consulta conforme as variáveis disponíveis;*
- 5. Apresentar os resultados ao usuário.*

Uma vez que o usuário visualiza os resultados, a intenção passa a ser considerada como realizada. Se o agente não conseguir realizar a intenção esta é dita impossível. Isto pode ocorrer quando o agente deixa de acreditar em alguma pré-condição ou se as pré-condições forem incompatíveis.

## 5. Exemplo de Utilização do Sistema

Conforme visto, para que a integração entre as bases seja possível é necessário criar correspondências entre os seus campos. Inicialmente deve-se incluir os indicadores de cada uma das bases. As interfaces definidas no protótipo são bastante simples, sendo desenvolvidas em Java sobre a plataforma JADE. Este protótipo integra quatro diferentes bases de dados na área da saúde (somente para os estados participantes do projeto: RS, RJ, PA, TO, AC, SE) :

1. Sistema de Informações de Mortalidade (SIM), com dados de 2002 a 2005;
2. Base de dados contendo os municípios e as unidades da federação;
3. Base de dados contendo os códigos e descrições do padrão CID-10;
4. Base de Informações por Setores Censitários do Censo Demográfico 2000 do IBGE, sendo dados específicos sobre a população de Caxias do Sul e gerais sobre os demais municípios do Rio Grande do Sul.

A figura 3 apresenta a interface de inclusão indicadores de cada base. Por exemplo na base de dados do Datasus o indicador 'SEXO' tem o valor externo (visão do usuário) igual a 'MASCULINO' e internamente é tratado com o valor '1'.



A imagem mostra uma janela de aplicativo com o título "indicador1 - INCLUSÃO DE INDICADORES". O conteúdo da janela é o seguinte:

Base de dados:	Datusus
Indicador:	sexo
Valor Externo:	masculino
Valor Interno:	1

Na base inferior da janela, há dois botões: "Novo Registro" e "Salvar".

Figura 3. Inclusão de indicadores dos bancos de dados.

A figura 4 ilustra uma correspondência entre campos de tabelas diferentes. A variável SEXO no Datasus manipula valores como MASCULINO, que corresponde a HOMENS na base do IBGE. Assim, quando for realizada a pesquisa por SEXO, o sistema irá pesquisar na base do Datasus por MASCULINO e na base do IBGE por HOMENS, retornando a consulta das duas bases.

A imagem mostra uma interface de usuário para a inclusão de equivalências entre bases de dados. O título da janela é "vocabulario1 - INCLUSÃO DE EQUIVALÊNCIAS".

Base de Dados 1:	Base de Dados 2:
DATASUS	IBGE
Indicadores BD1:	Indicadores BD2:
SEXO	SEXO
Valores BD1:	Valores BD2:
MASCULINO	= HOMENS

Na base da janela, há dois botões: "Novo Registro" e "Salvar".

Figura 4. Inclusão de equivalências entre termos das bases.

As consultas podem ser formuladas conforme necessidade do usuário, podendo utilizar apenas um filtro ou vários (figura 5), restringindo assim o número de registros retornados.

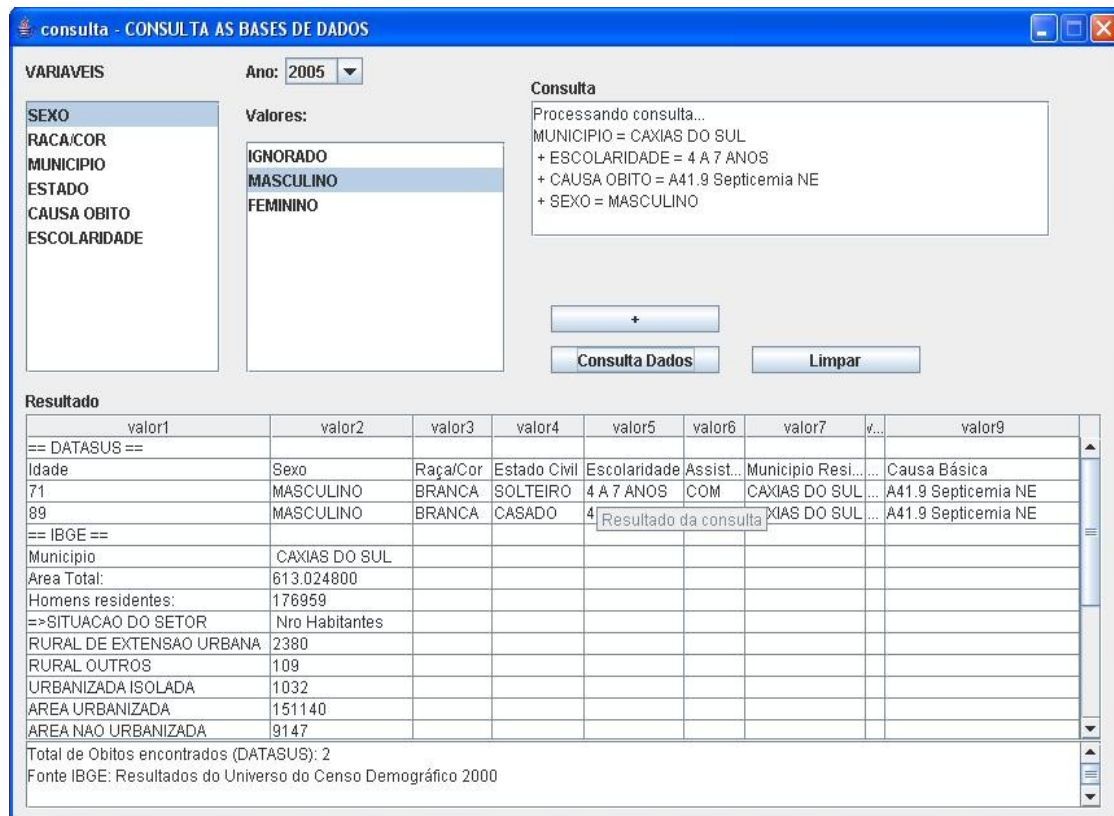


Figura 5. Exemplo de uma consulta

Ao ser lançada uma consulta, o agente de consulta recebe as condições da consulta e envia uma mensagem ao agente raciocinador contendo uma solicitação. O processo de verificação da intenção consiste em validar as suas condições para determinar se esta pode ou não ser realizada. Uma intenção pode ser realizada quando o agente consegue encontrar valores para todas as variáveis selecionadas em alguma das bases disponíveis e assim executar a consulta. Caso não encontre correspondência para alguma variável em nenhuma das bases disponíveis, assume que a intenção é impossível.

Neste exemplo, cada variável da consulta será analisado pelo raciocinador, que deverá gerenciar a criação das consultas padrão SQL:

- o campo da tabela ‘MUNICIPIO’ será ‘codmunres’ para consulta ao Datasus;
- o valor interno correspondente ao valor selecionado para a variável (por exemplo, para o valor ‘Caxias do Sul’ irá retornar como valor interno o código do município, no caso ‘4305108’).

Pode-se observar na parte inferior da figura 5 o resultado da consulta solicitada. Foram encontrados dois casos conforme a descrição, sendo que ainda foram mostradas outras informações sobre o município de Caxias do Sul (origem Censo Demográfico) como



número de “homens residentes”. As informações adicionais auxiliam na interpretação dos dados obtidos pela consulta ao sistema SIM.

Os resultados apresentados por este protótipo ainda são preliminares pois o projeto se encontra em andamento. Contudo, pode-se afirmar que os resultados são muito promissores, visto a problemática existente para consulta em bases de dados heterogêneas. Para os profissionais da área da saúde, obter um conjunto de informações mais completas sobre os pacientes é algo de extrema importância. O atual protótipo, mesmo que de forma simplificada, conseguiu apresentar resultados complementares oriundos de bases de dados diferentes (SIM e IBGE).

## **6. Conclusão**

O SMA apresentado neste artigo é o resultado de um trabalho desenvolvido de forma conjunta entre pesquisadores das áreas da Computação e da Saúde. Ele constitui um protótipo inicial que serviu para o levantamento das reais necessidades de consultas dos profissionais da saúde nas suas diversas atividades. Por se tratar de um projeto em andamento, as tecnologias empregadas estão sendo avaliadas para o dimensionamento do sistema em larga escala (várias bases de dados, múltiplos perfis de usuários) utilizando-se interfaces *web*.

Os resultados obtidos com a realização deste trabalho foram analisados sobre duas perspectivas distintas. A primeira perspectiva considera suas funcionalidades baseadas na concepção de um modelo de agente para integração de aplicativos/bases de dados na área da saúde em uma plataforma multiagentes. Para especificação deste modelo foram aplicados conceitos de SMA e construção de ontologias, bem como a avaliação de suas principais características que tornam estas abordagens adequadas para a resolução de problemas distribuídos. Foi realizado também um estudo sobre o modelo BDI, utilizado para especificação do agente raciocinador, responsável por fazer a integração entre bases heterogêneas de dados no ambiente desenvolvido. As tecnologias escolhidas se mostraram suficientes para lidar com os problemas encontrados no escopo deste trabalho.

A segunda perspectiva considera a sua aplicação e utilidade para a área da Saúde. A partir da disponibilização do protótipo abriu-se possibilidades de discussão sobre as necessidades de acesso a informação da área, as formas de apresentá-las, as visões dos profissionais sobre as soluções propostas. A partir destas discussões, novas problemáticas emergiram, e serviram para nos auxiliar a compreender melhor este domínio complexo da saúde. Atualmente se encontra em desenvolvimento e constante avaliação uma segunda versão desta aplicação.

## 7. Referências

**CID. Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde - Décima Revisão (CID-10)**, 2008. Disponível em <http://www.cid10.com.br/> (Acessado em 25/01/2008).

**HL7. Health Level Seven**, 2008. Disponível em <http://www.hl7.org/> (Acessado em 25/01/2008).

JENNINGS, N. R. An agent-based approach for building complex software systems. ACM, v.Communications of the ACM 44, 4, p.p.35-41, 2001. Nova Iorque. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=367250>, acessado em 16/09/2007.

**SNOMED. Systematized Nomenclature of Medicine**, 2008. Disponível em [http://www.cap.org/apps/cap.portal?nfpb=true&pageLabel=snomed\\_page](http://www.cap.org/apps/cap.portal?nfpb=true&pageLabel=snomed_page) (Acesso em 25/01/2008)

**UMLS. Unified Medical Language System**, 2008. Disponível em: <http://www.nlm.nih.gov/research/umls/> (Acessado em 25/01/2008)

WOOLDRIDGE, M. Reasoning about rational agents. [S.l.]: The MIT Press, 2000.