

## DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MATRÍCULA INTELIGENTE BASEADO EM PROGRAMAÇÃO ORIENTADA A AGENTES

### DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT REGISTRATION SYSTEM BASED ON AGENT-ORIENTED PROGRAMMING

Ivo Mario Mathias<sup>1</sup>, Aurora Trinidad R. Pozo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Autor para contato: Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Campus em Uvaranas, Departamento de Informática, Ponta Grossa, PR, Brasil; e-mail: ivomathias@uepg.br / mathias@convoy.com.br; (42) 220-3097

<sup>2</sup> Universidade Federal do Paraná, Departamento de Informática, Curitiba, PR, Brasil; e-mail: aurora@inf.ufpr.br

#### RESUMO

O processo de matrícula em uma universidade geralmente é uma atividade complexa e trabalhosa. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um Sistema de Matrícula Inteligente (SISMAT), para auxiliar professores, coordenadores de curso e pessoal envolvido na realização de matrículas de acadêmicos de uma universidade. O SISMAT foi baseado em um sistema multi-agente composto por um agente humano denominado Agente Usuário e três agentes de *software*: Agente Interface, Agente Mediador e Agente Matriculador. O Agente Usuário expressa a intenção de efetuar uma matrícula e crê que o SISMAT pode efetuar-la. O Agente Interface permite ao Agente Usuário expressar suas intenções ao SISMAT, bem como solicitar e obter conhecimento a respeito de uma matrícula, ou seja o Agente Interface faz a comunicação entre o usuário e a sociedade de agentes. O Agente Mediador gerencia a sociedade de agentes, buscando conhecimento quando necessário e solicitando a execução de tarefas a outro agente quando ele não tem a capacidade de executá-las. O Agente Matriculador, entre outras capacidades, é capaz de compor a matrícula de um acadêmico, através de análises de seu histórico escolar. No SISMAT, aspectos de interação, cooperação, compromissos, capacidades, e crenças, ou seja, características relacionadas ao comportamento social humano, desempenharam um papel importante na tomada de decisão, por essa razão os agentes do SISMAT foram modelados mediante estados mentais. O protótipo foi desenvolvido em LALO (*Langage d'Agents Logiciel Objet*), que utiliza o paradigma de programação orientada a agentes AOP (*Agent Oriented Programming*). A modelagem por meio de estados mentais permitiu que os agentes tomassem suas próprias decisões, independentemente da interferência do usuário.

Palavras-chave: Inteligência Artificial Distribuída, Sistemas Multi-Agente, Agentes Inteligentes, Programação orientada a agentes, Sistemas Baseados em Conhecimento.

## ABSTRACT

The registration process at a university is usually a complex and hard activity. This work had the objective of developing an Intelligent Registration System (IRS), which assists teachers, course coordinators and staff involved in the accomplishment of academic registrations in a university. IRS was based on a multi-agent system composed of a human agent denominated User Agent and three software agents: Interface Agent, Mediator Agent and Registrar Agent. The User Agent expresses the intention of completing a registration and believes IRS can perform it. The Interface Agent allows the User Agent to express his intention to IRS, as well as to request and obtain knowledge regarding a registration, that is to say, the Interface Agent links the user to the group of agents. The Mediator Agent manages the group of agents, seeking information when necessary and requesting the execution of tasks from another agent when it is not able to perform them. The Registrar Agent, among other capabilities, is able to compose a student's registration through analyses of his/her transcript. IRS presents features in which aspects of interaction, cooperation, commitments, capabilities, beliefs, i.e. characteristics related to human social behavior, play an important role, and for that reason IRS agents are modeled by means of mental states. The prototype was developed in LALO (*Langage d'Agents Logiciel Objet*), which uses the paradigm of Agent-Oriented Programming (AOP). The modeling by means of mental states allowed the agents to make their own decisions, independent of the user's interference.

Keywords: Distributed Artificial Intelligence, Multi-Agent Systems, Intelligent Agents, Agent-Oriented Programming, Knowledge-Based Systems.

## 1. Introdução

O processo de matrícula em uma universidade geralmente é uma atividade complexa e trabalhosa. Um dos maiores problemas enfrentados neste processo são os aspectos que envolvem as decisões e as combinações entre as informações necessárias para a composição da matrícula de um acadêmico.

Dentre estas informações pode-se destacar: a situação que os alunos apresentam em determinadas fases de sua vida estudantil; as diversas grades curriculares de cada um dos cursos; critérios de avaliação; sistema de frequência; modos de ingresso; codificação de disciplinas, e de uma forma geral todas as informações sobre o regimento interno da instituição. Estes conhecimentos são necessários para que decisões possam ser tomadas, como por exemplo, determinar em que série e quais disciplinas o aluno deve ser matriculado.

Sistemas que utilizam agentes inteligentes em

seu desenvolvimento, podem ser úteis para auxiliar professores, coordenadores de curso e pessoal envolvido na realização de matrículas de acadêmicos de uma universidade. A utilização de agentes inteligentes na construção de Sistemas Baseados em Conhecimento (SCHREIBER et al., 1994) possibilita o desenvolvimento de diferentes raciocínios e a integração de várias ações para alcançar uma determinada meta.

Um Sistema de Matrícula é uma atividade crítica e complexa dentro de uma instituição de ensino, o que torna um excelente domínio a ser trabalhado com a abordagem de SMA. A necessidade de um trabalho cooperativo entre os agentes envolvidos na matrícula, nasce fundamentalmente da complexidade e volume de conhecimento necessário. Neste contexto nenhum dos indivíduos envolvidos em um processo de matrícula tem todo o conhecimento necessário para individualmente efetuar-la. Equipes de pessoas trabalham em conjunto, sendo cada uma dotada de certo conhecimento, crenças e capacidades próprias correspondentes ao seu

curso ou aptidão dentro do sistema e devem interagir entre si para realizar com sucesso a matrícula (CATÁLOGO GERAL – UEPG, 1999).

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema de matrícula inteligente (SISMAT), baseado em Programação Orientada a Agentes.

### 1.1. Agentes

Os agentes são sistemas computacionais que apresentam características particulares que os diferenciam de outros sistemas. Um agente pode ser visto como qualquer entidade perceptora do ambiente (por sensores) e capaz de atuar nele (por efectores) (RUSSEL e NORVIG, 1995), ou segundo Hayes (1999) agente é uma entidade (computador ou humano) que é capaz de atingir metas e fazer parte de uma grande comunidade que apresenta influência mútua entre seus componentes.

O termo agente é uma noção central e fundamental para área de Inteligência Artificial Distribuída (IAD) (GIRAFFA, 1999; OLIVEIRA, 1996). Este termo vem sendo utilizado para denotar simples processos de *hardware* e/ou *software* até entidades sofisticadas capazes de realizar tarefas complexas (GIRAFFA, 1999). Neste trabalho, a concepção adotada centra-se na seguinte definição: *agentes* são entidades computacionais ou não, que desempenham o papel de executores de tarefas, particularmente ou em conjunto, para resolver problemas pertinentes a sistemas baseados em conhecimento, isto é, aplicando conhecimento, atitudes sociais e mentais sobre o propósito da ação (MATHIAS, 2000).

Um conjunto de Agentes Inteligentes pode caracterizar a existência de um Sistema Multi-Agente (SMA) (DEMAZEAU et al., 1992), quando eles atuam como uma sociedade, interagindo entre si, para que o objetivo comum seja alcançado.

Segundo alguns autores, diversas propriedades (autonomia, mobilidade, comunicabilidade, aprendizagem, reatividade, iniciativa, sociabilidade, percepção, cooperação, entre outras) podem ser atribuídas aos agentes, sendo que a representação destas pode estar explícita ou implícita em um agente (BELGRAVE, 1998; FRANKLIN e GRAESSER, 1998; HEILMANN et al., 1998).

A arquitetura de um agente mostra como ele está

implementado em relação às suas propriedades, sua estrutura e como os módulos que o compõem podem interagir, garantindo sua funcionalidade (MATHIAS, 2000). De uma forma geral, a arquitetura de um agente especifica sua estrutura e comportamento. Conforme Wooldridge (1995), as arquiteturas de agentes podem ser divididas em três tipos: Arquitetura Cognitiva ou Deliberativa, Arquitetura Reativa e Arquitetura Híbrida. Na arquitetura cognitiva ou deliberativa, os agentes possuem uma representação explícita do mundo e dos membros da sociedade. Eles podem raciocinar sobre as ações tomadas no passado e planejar as ações a serem tomadas no futuro. Os agentes cognitivos baseiam-se em mecanismos de processamento simbólico existentes nos sistemas mais tradicionais da Inteligência Artificial, como redes semânticas e sistemas de regras. A arquitetura reativa não inclui nenhum tipo de modelo simbólico do mundo real e não utiliza raciocínio simbólico complexo, somente reage às ações que ocorrem no ambiente. A arquitetura híbrida mistura componentes das arquiteturas cognitivas e reativas com o objetivo de tornar o comportamento dos agentes mais adequado e funcional para a construção de um SMA.

Shoham (1993) propôs um paradigma de programação baseado na noção de agentes deliberativos. Ele chama este paradigma de AOP (*Agent Oriented Programming*). Em AOP um agente é determinado por suas crenças, capacidades e compromissos. Todas estas características são chamadas de estados mentais dos agentes. AOP pode ser visto como uma especialização de OOP (*Object-Oriented Programming*) onde agentes são objetos que possuem estados mentais (convicções, desejos e intenções) e a noção de tempo. Diferentemente de um objeto que reage sempre do mesmo modo para uma mesma mensagem, um agente tem seu próprio modo de tratá-la e pode agir de modo diferente para a mesma mensagem, de acordo com o seu estado mental.

## 2. Material e Métodos

O paradigma utilizado neste trabalho foi o da AOP. O protótipo do sistema foi desenvolvido com o auxílio da ferramenta de desenvolvimento de agentes LALO (*Langage d'Agents Logiciel Objet*) (1998), que utiliza o paradigma de programação orientada

a agentes AOP. A linguagem de comunicação entre agentes do LALO é o KQML (*Knowledge Query and Manipulation Language*) (1997). No LALO a noção de tempo é controlada por um relógio, que permite aos agentes cognitivos raciocinarem sobre suas ações do passado, através de uma Base de Conhecimento (BC) e agendarem compromissos futuros em uma Agenda (1998). O sistema de matrícula foi implementado com agentes reativos e cognitivos com relação aos eventos que ocorrem em seu ambiente.

No desenvolvimento do SISMAT, foram estabelecidos fatos, ações e decisões, sobre os quais os agentes obtiveram suas crenças, assumiram compromissos e aplicaram suas capacidades na realização da matrícula. Cada crença consistia de um fato, em que os agentes do SISMAT puderam acreditar, como sendo verdadeiro ou falso em um determinado momento. De acordo com o resultado de uma crença, os agentes tomaram as suas decisões, para determinar quais tarefas (ações) deveriam ser executadas.

### 3. Resultados

O sistema de matrícula inteligente desenvolvido (SISMAT) foi baseado em um Sistema Multi-Agente (SMA) (DEMAZEAU et al.,1992; FERBER e GASSER, 1991), composto por um agente humano denominado Agente Usuário e três agentes de *software*: Agente Interface, Agente Mediador e Agente Matriculador. As principais atribuições destes agentes são:

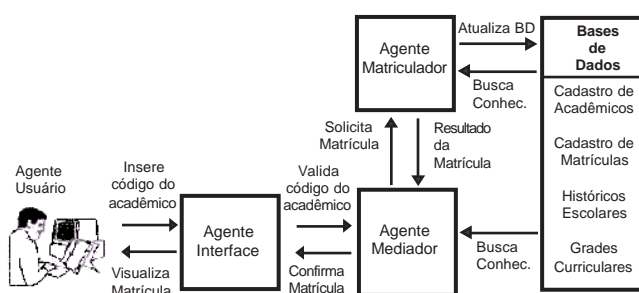
- Agente Usuário (AU) é aquele que expressa a intenção de efetuar uma matrícula e crê que o SISMAT pode efetuar-la.
- Agente Interface (AI) permite o AU expressar suas intenções ao SISMAT, bem como solicitar e obter conhecimento a respeito de uma matrícula, ou seja o AI faz a comunicação entre o AU e a sociedade de agentes.

- Agente Mediador (AM) gerencia a sociedade de agentes, buscando conhecimento sobre o acadêmico, histórico escolar e regimento interno da universidade e solicita a execução de tarefas a outro agente quando ele não tem a capacidade de executá-las.
- Agente Matriculador (AMT), entre outras capacidades, é capaz de compor uma matrícula através de análises no histórico escolar do acadêmico.

O SISMAT foi implementado com agentes reativos e cognitivos, pois o AI é dotado de comportamento reativo com relação aos eventos que ocorrem em seu ambiente, como por exemplo a solicitação de execução de uma tarefa pelo AU. O AM e o AMT possuem comportamento cognitivo, pois existe uma definição simbólica do mundo para a tomada de decisões e também possuem a capacidade de raciocinarem sobre suas ações anteriores através de sua BC (LALO, 1998).

Os agentes deste sistema podem estar em um único computador, ou podem estar localizados em computadores diferentes, estando interligados por uma rede, como por exemplo Internet ou Intranet.

A Figura 1 expressa a sociedade de agentes do SISMAT e seu inter-relacionamento. A Figura 2 demonstra os fatos, ações e decisões da sociedade de agentes do SISMAT.



**Figura 1** - Sociedade de agentes do SISMAT e seus inter-relacionamentos

FATOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existência da BD em um determinado local;</li> <li>- Existência do cadastro do acadêmico na BD;</li> <li>- Existência da grade curricular (fluxograma) do curso na BD;</li> <li>- Existência do histórico escolar do acadêmico na BD;</li> <li>- Existência do cadastro de matrículas na BD;</li> <li>- Regime do curso (semestral ou anual);</li> <li>- Regime de ingresso do acadêmico (vestibular ou transferência);</li> <li>- Existência de oferta de disciplinas para o semestre corrente;</li> <li>- Existência de turmas práticas e teóricas para as disciplinas ofertadas;</li> <li>- Quantidade de vagas por disciplina;</li> <li>- Frequência mínima (75%);</li> <li>- Notas de avaliação das disciplinas - 0 a 10;</li> <li>- Média mínima de aprovação 7,0;</li> <li>- Situação atual do acadêmico (calouro, aprovado sem dependência, aprovado com dependência (reprovado até 2 disciplinas), retido: reprovado em +2 disciplinas, retido: reprovado em dependência, trancado, formado, jubilado, transferido, reabertura de curso);</li> <li>- Situação atual do acadêmico em relação as disciplinas em curso e cursadas (aprovado ou reprovado).</li> <li>- Data da última matrícula;</li> <li>- Pré-requisitos das disciplinas;</li> </ul>
AÇÕES
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acessar dados cadastrais do acadêmico;</li> <li>- Acessar dados do histórico escolar (notas, frequência, data que cursou, etc.);</li> <li>- Acessar dados da matrícula;</li> <li>- Acessar dados da grade curricular (fluxograma) do curso;</li> <li>- Definir situação atual do acadêmico;</li> <li>- Definir pré-requisitos das disciplinas;</li> <li>- Mostrar dados no console;</li> <li>- Compor matrícula do acadêmico;</li> <li>- Atualizar BD;</li> </ul>
DECISÕES
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se o acadêmico existe transferir os dados cadastrais para o site do agente;</li> <li>- Se já cursou alguma disciplina transferir histórico-escolar para o site do agente;</li> <li>- Se matriculado atualmente transferir dados da matrícula para o site do agente;</li> <li>- Transferir grade curricular (fluxograma) do curso para o site do agente;</li> <li>- Decidir qual a situação atual do acadêmico;</li> <li>- Decidir em quais disciplinas o acadêmico pode matricular-se;</li> <li>- Se solicitado compor a matrícula;</li> <li>- Se solicitado atualizar o BD;</li> <li>- Se findo o procedimento encerrar a sessão;</li> </ul>

**Figura 2** - Fatos, Ações e Decisões da Sociedade de Agentes do SISMAT

### 3.1. Agente Usuário (AU)

O Agente Usuário é o responsável por iniciar o processo do SISMAT, manifestando seu desejo de efetuar uma matrícula. No SISMAT o AU é visto como um agente que participa ativamente do processo, utilizando o Agente Interface para interagir com a sociedade de agentes, buscando conhecimento sobre os acadêmicos, transmitindo suas intenções e solicitando a execução de tarefas à sociedade de agentes.

### 3.2. Agente Interface (AI)

Este agente tem como principal objetivo permitir a comunicação do AU com os demais membros da sociedade. Seu comportamento reativo é permanecer em estado de espera, aguardando o AU expressar suas intenções.

O AU expressa sua intenção em efetuar uma matrícula através do código do acadêmico. Este conhecimento é recebido pelo AI e representado por uma crença, porém, como ele não tem a capacidade de validá-lo, transmite este código ao AM, expressando o seu desejo de que a validação seja realizada.

Conforme a crença do AM em relação ao código do acadêmico, o AI pode tomar a decisão de solicitar um novo código ao AU, caso o código seja inválido, ou enviar uma mensagem ao AM para que o mesmo mostre todo o conhecimento sobre o acadêmico.

Se o desejo do AU for matricular o acadêmico, ele transmite esta intenção ao AI através de uma resposta afirmativa na console, cujo fato é transmitido ao AM, que atuará de forma tal que a matrícula seja efetuada.

### 3.3. Agente Mediador (AM)

O principal objetivo deste agente é deixar transparente para o agente matriculador o acesso às informações necessárias ao processo de matrícula, desta forma ele é uma interface entre os sistemas de *software* (AMT e Bases de Dados). Sua principal capacidade é: possuir o conhecimento de como e onde acessar as Bases de Dados (BD); transmitir este conhecimento ao AMT e validar os conhecimentos extraídos das BDs.

Esta validação consiste em consultar as BDs, verificar se o acadêmico existe, a que curso pertence, acessar seu cadastro, histórico escolar e definir a sua situação escolar, ou seja, buscar todo o conhecimento a respeito do acadêmico e seu curso.

Quando iniciado, o seu comportamento básico é permanecer em estado de espera, aguardando alguma mensagem de outro agente. Normalmente ele recebe a primeira mensagem do AI, o qual informa sua crença sobre a intenção do AU em efetuar uma matrícula. Uma vez tendo esta crença em sua BC, toma a decisão de validar este conhecimento.

### 3.4. Agente Matriculador (AMT)

Este é o principal agente do sistema, sendo um agente essencialmente cognitivo capaz de, através de uma análise no histórico escolar do acadêmico, elaborar uma matrícula para o próximo período escolar, ou determinar se este acadêmico possui qualquer motivo que o impeça de ser matriculado.

Da mesma forma que o AM, o seu comportamento básico é ficar em estado de espera, aguardando alguma mensagem de outro agente.

Em um processo normal<sup>1</sup> de matrícula, o AMT recebe do AM o pedido para efetuar a matrícula de um acadêmico através de uma mensagem, cujo conteúdo expressa os seguintes conhecimentos: a intenção do AU em efetuar a matrícula (representada por uma crença); o código do aluno e local de onde se encontra a base de dados relativa a este acadêmico.

Uma vez recebida esta mensagem, o procedimento deste agente é buscar todos os conhecimentos necessários sobre o acadêmico em questão, validá-los, definir a situação do aluno e através de uma análise em todos estes conhecimentos compor uma matrícula, ou justificar o impedimento deste em matricular-se.

### 3.5. Testes do SISMAT

Nos testes executados no SISMAT, foram utilizados alguns aspectos do uso dos estados mentais na implementação do agente AMT. Três situações, que envolvem alguns passos da composição de uma matrícula, serão descritos a seguir. Na primeira situação (Figura 3) o AMT verifica sua crença sobre a intenção do AU em efetuar a matrícula. Se o AMT possuir esta crença, ele se compromete com o AM em validar o código do acadêmico. Para o AMT possuir esta crença é necessário que em algum momento anterior o AM tenha lhe comunicado este fato (mensagem KQML).

```
// (R1). Crença do AMT sobre a intenção do AU em matricular-se.
IF
  BELIEF: AT ?now: cre_fazer_matricula (ra: ?ra, local: ?local);
THEN
  COMMITMENT_TO Mediator:
    BEGIN_AT ?now: valida_ra (ra: ?ra, local: ?local);
```

**Figura 3** - Rotina do SISMAT, em linguagem LALO, para verificar a crença do Agente Usuário em efetuar a matrícula

Na segunda situação (Figura 4), o AMT de acordo com sua crença, que o aluno pode ser matriculado, cumpre o compromisso assumido com o AM de compor a matrícula.

```
// (R11). Se o AMT crê que o acadêmico pode ser matriculado
// então efetua a matrícula.
IF
  BELIEF: AT ?now: cre_pode_matricular (ra: ?ra);
THEN
  COMMITMENT_TO Mediator:
    BEGIN_AT ?now: compor_matricula (ra: ?ra);
```

**Figura 4** - Rotina do SISMAT, em linguagem LALO, para compor a matrícula

Finalmente, na Figura 5, o AMT transmite ao AM sua crença sobre o sucesso do processo de matrícula.

A partir deste exemplo, pode-se observar como um agente é implementado usando o paradigma AOP, em geral, o comportamento do agente num determinado instante é definido pela combinação de suas crenças, compromissos e capacidades.

Pode-se dizer, que os procedimentos descritos anteriormente, apresentam as etapas do processo de matrícula, onde os resultados das aplicações dos estados mentais de todos os agentes do SISMAT atingem seu principal objetivo, a elaboração da matrícula, satisfazendo o desejo do AU.

<sup>1</sup> Processo normal é aquele em que o acadêmico tem um histórico escolar regular e estão disponíveis todos os conhecimentos sobre o seu cadastro, histórico escolar e grade curricular. Na definição de sua situação escolar ele foi aprovado em todas as disciplinas sem nenhuma dependência e será matriculado na série seguinte a que se encontrar.

```
// (R13). Uma vez composta a matrícula informa este fato ao AM.
IF
  BELIEF: AT ?now: cre_compos_matricula (ra: ?ra);
THEN
  COMMITMENT_TO Mediador:
    BEGIN_AT ?now:
      tell (sender:    #my-name,
           receiver:  Mediador,
           in-reply-to: fazer_matricula,
           language:  LALO,
           ontology:  matricula,
           comment:   "Matricula efetivada",
           content:   AT ?now: cre_compos_matricula (ra: ?ra);
```

**Figura 5** - Rotina do SISMAT, em linguagem LALO, para transmitir ao Agente Matriculador a crença no sucesso da matrícula

#### 4. Discussão

Pode-se afirmar que, uma das principais razões para adotar agentes inteligentes modelados com estados mentais, no desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento, reside nas propriedades que os mesmos podem possuir. Através destas propriedades, os agentes podem exibir habilidades sociais, inerentes a um SMA, as quais definem o seu comportamento. Portanto é possível afirmar também, que o comportamento de um sistema é influenciado pelas propriedades encontradas nos agentes. Desta forma, para que o SISMAT pudesse funcionar adequadamente de acordo com a abordagem SMA, aos seus agentes foram atribuídas as seguintes propriedades:

- *Autonomia* - os agentes AM e o AMT tem um grau de autonomia que lhes permite realizar suas tarefas sem muita intervenção humana, pois eles possuem capacidades específicas e delimitadas que permitem decidir e realizar ações a fim de atingir seu objetivo, e podem reagir diferentemente as mesmas mensagens, de acordo com seu estado mental. Por exemplo, se o AM solicita ao AMT que efetue a matrícula de um acadêmico, e o AMT crê que este aluno não pode ser matriculado, então ele não efetua esta matrícula com base em seu estado mental atual;
- *Comunicabilidade* - os agentes do SISMAT comunicam-se entre si via KQML;

- *Cooperação* - para que seja alcançado o objetivo do sistema, que é a efetivação da matrícula. Nenhum agente consegue individualmente efetuar a matrícula, para isto eles cooperam um com o outro para atingirem este objetivo;
- *Iniciativa* - os agentes do SISMAT não reagem somente em relação ao seu ambiente e estado mental, mas também em relação aos estados mentais de outros agentes, tomando a iniciativa em certos casos. Como exemplo, quando o AM tem conhecimento de que o AI possui a crença sobre a intenção do AU de efetuar uma matrícula, o AM toma a iniciativa de solicitar a composição desta ao AMT;
- *Reatividade* - os agentes reagem respondendo aos estímulos oriundos do ambiente ou de outros agentes, quando estes passam a ter conhecimento das crenças de outros agentes da sociedade, por exemplo o AM reage às crenças do AI sobre as intenções do AU em efetuar uma matrícula;
- *Sociabilidade* - o aspecto da cooperação já é um fato que justifica a propriedade da sociabilidade, bem como a troca de conhecimento que os agentes do SISMAT fazem, interagindo entre si para que o objetivo seja alcançado;
- *Reusabilidade* - os agentes do SISMAT podem ser reusáveis, pois podem servir para efetuar a matrícula em qualquer curso da instituição, embora os conhecimentos sejam diferentes em cada caso. Para que os agentes se adaptem a cada curso, os conhecimentos são extraídos das BDs.

O comportamento dos agentes do SISMAT está diretamente relacionado às suas crenças, ou de acordo com as crenças transmitidas por outros agentes. Conforme a alteração destas durante um processo, suas atitudes podem mudar e determinadas tarefas podem ser realizadas ou não. Por exemplo, quando o AM transmite ao AMT a intenção do AU em efetuar uma matrícula, ele (AM) possui a crença de que o acadêmico pode ser matriculado; contudo, antes de compor a matrícula, o AMT busca a sua própria crença para saber se realmente a matrícula pode ser realizada. Esta situação pode ocorrer devido a existência de um intervalo de tempo entre o estabelecimento da crença do

AM e o pedido efetivo de matrícula do AU. Neste espaço de tempo uma alteração na BD pode ocorrer (por exemplo, a troca da nota de uma disciplina que provoque a reprovação), motivando o impedimento da matrícula, o que contraria a crença do AM, porém, o AMT agirá de acordo com o que ele crê naquele momento, e não efetuará a matrícula.

Ao se desenvolver o SISMAT, percebeu-se que o paradigma AOP possui vantagens significativas sobre o OOP. Entre estas, destaca-se a noção de tempo que é atribuída aos agentes. Este aspecto permite uma maior flexibilização na modelagem e desenvolvimento de um sistema. O fator tempo associado ao agente, cria uma semelhança maior com atitudes humanas, pois permite o agente possuir uma memória (GIRAFFA, 1999), isto é, introduziu-se a noção de lembrança (MATHIAS, 2000). O agente pode lembrar de fatos (crenças e decisões) ocorridos no passado, para sua tomada de decisão atual, bem como, lembrar de compromissos que foram assumidos anteriormente para serem executados no futuro.

O protótipo do SISMAT foi desenvolvido em LALO, o qual possui como características positivas: a sua arquitetura que é extensível, pois o desenvolvedor pode ampliar o conjunto existente, adicionando novas subclasses; oferece a possibilidade da criação de sistemas multi-agentes, incluindo agentes reativos bem como deliberativos e utiliza o paradigma de programação orientada a agentes AOP.

Como característica negativa a linguagem de comunicação (KQML), da versão utilizada, mostrou-se insuficiente em alguns casos, pois várias performativas (palavra chave de uma mensagem KQML) ainda não tinham sido implementadas nesta versão. Por exemplo a performativa *ontology*, não tem efeito em uma mensagem KQML, deste modo, não pode-se trabalhar com o conceito de ontologia (GUARINO, 1997), o que influenciou diretamente o AM, que não pode ter todas as suas capacidades implementadas. Em geral a atualização das BDs, são efetuadas pelo AMT e não pelo AM.

## 5. Conclusões

- O SISMAT foi eficiente em aplicar na prática

as idéias de SMA e AOP em um ambiente complexo como o de matrículas em uma universidade.

- Todos os agentes que integram o sistema apresentaram características particulares e comunicaram-se entre si através da linguagem de comunicação KQML.

- Os agentes do SISMAT apresentaram as propriedades de Autonomia, Comunicabilidade, Cooperação, Iniciativa, Reatividade, Sociabilidade e Reusabilidade, devido a abordagem SMA.

- A modelagem através dos estados mentais permitiu que os agentes tomassem suas próprias decisões, independentemente da interferência do usuário.

- O fator tempo associado aos agentes permitiu criar a noção de lembrança, o que aumentou ainda mais a capacidade de decisão dos agentes, implementando a possibilidade de raciocinarem sobre fatos do presente, passado e futuro.

- Propõem-se como trabalho futuro, uma ampliação do SISMAT, onde este além de efetuar matrículas, também possa fazer alocação de disciplinas, horários e distribuição de salas de aula por professor. Isto é algo ainda não conseguido satisfatoriamente através do uso do computador, devido a sua complexidade e exigir simultaneamente a interação de diversos elementos.

## REFERÊNCIAS

- 1 BELGRAVE, M. The Unified Agent Architecture, A White Paper, Disponível em: <<http://www.ee.mcgill.ca/~belmarc/uaa-paper.html>>. Acessado em: jun/1998.
- 2 DEMAZEAU, Y.; SICHMAN, J.; BOISSIER, O. When can knowledge-based systems be called agents?. IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, Rio de Janeiro (RJ), 1992.
- 3 FERBER, J.; GASSER, L. INTELLIGENCEARTIFICIALE DISTRIBUÉE, INTERNATIONAL WORKSHOPON EXPERT SYSTEMS AND THEIR APPLICATIONS, 1991.
- 4 FRANKLIN, S.; GRAESSER, A. "Is it an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents", University of Memphis, Disponível em: <<http://www.msci.memphis.edu/~franklin/AgentProg.html>>. Acessado em: jun/98.
- 5 GIRAFFA, L. M. M.. **Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais**, Porto Alegre, 1999. p. 43, 53-54. Tese de



Doutorado, Instituto de Informática - Programa de Pós-graduação em Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

6 GUARINO, N. Understanding, building and, using ontologies. **International Journal of Human-Computer Studies**, p. 2-11, 1997.

7 HAYES C. C. Agents in a Nutschell - A Very Brief Introduction. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering** - IEEE Computer Society, v. 1, n. 1, p. 127, jan-fev/1999.

8 HEILMANN, K.; KIHANYA, D.; LIGHT, A.; MUSEMBY, A. P. Intelligent Agents: A Technology and Business Application Analysis. Disponível em: <<http://haas.berkeley.edu/~heilmann/agents/index.html>>. Acessado em: jun/1998.

9 LABROU, Y. **Semantics for an Agent Communication Language**. Baltimore, 1997. p. 21-77, Tese de Doutorado, University of Maryland..

10 LALO - Langage d'Agents Logiciel Objet. Disponível em: <<http://www.crim.ca/sbc/english/lalo>>. Acessado em: jun/1998.

11 MAES, P. The agent network architecture (ana). **SIGART Bulletin**, 1991.

12 MATHIAS, I. M. **SISMAT – Sistema de Matrícula Inteligente**, Curitiba, 2000. p. 16-17,74. Dissertação de Mestrado, Departamento de Informática, UFPR.

13 OLIVEIRA, F. Inteligência Artificial Distribuída. In: IV Escola Regional de Informática, SBC, SC, 1996.

14 RUSSEL S.; NORVIG P. **Artificial Intelligence: a modern approach**. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1995. p. 31-49.

15 SCHREIBER, G.; WIELINGA B.; HOOG R., et al. "CommonKADS: A Comprehensive Methodology for KBS Dedevelopment", **IEEE EXPERT**, p. 28-36. 1994.

16 SHOHAM, Y. Agent-oriented programming. **Artificial Intelligence**, Amsterdam, v. 60, n. 1, 1993.

17 Catálogo Geral 99 - Universidade Estadual de Ponta Grossa - Pró-Reitoria de Graduação - Divisão de Ensino, 1999.

18 WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. Intelligent Agents: Theory and Practice. **Knowledge Engineering Review**. v. 10, n. 2, United Kingdom, 1995.