

# Resolução de Conflitos na Marcação Automática de Reuniões

António Nabais

[anabais@ipca.pt](mailto:anabais@ipca.pt)

LIACC/FEUP – Laboratório de Inteligência Artificial e Ciências da Computação – Universidade do Porto

[Http://www.ncc.up.pt/liacc/](http://www.ncc.up.pt/liacc/), Tel.: 351-22-5081315, Fax: 351-22-5081315

EST/IPCA – Escola Superior de Tecnologia - Instituto Politécnico do Cavado e do Ave, Barcelos, Portugal

[Http://www.ipca.pt](http://www.ipca.pt), Tel.: 351-253-802260, Fax: 351-253-802261

**Resumo.** A marcação automática de reuniões tem sido largamente estudada nos últimos 20 anos. Os trabalhos recentes nesta área trataram o problema como um sistema distribuído, sem controlo fixo centralizado, adequado à utilização de um Sistema Multi-Agente (SMA). Os agentes actuam de forma autónoma, comunicando e negociando com outros agentes, tendo em atenção as preferências e disponibilidades dos utilizadores.

Neste artigo é apresentada a formulação do problema de Marcação Automática Distribuída de Reuniões, e uma perspectiva sobre alguns dos trabalhos anteriores neste tema, para justificar a abordagem SMA. São identificadas várias técnicas de negociação e resolução de conflitos, com vista à resolução deste problema.

O artigo analisa ainda algumas das implementações práticas existentes, de forma a determinar os pontos fortes e fracos de cada abordagem e produzir uma arquitectura para uma implementação prática futura. Pretende-se que as restrições em relação ao número máximo de agentes envolvidos sejam relaxadas, e que a eficácia computacional e qualidade da solução sejam as melhores possíveis.

Da análise efectuada resulta um conjunto de conclusões relativas ao modelo de comunicação, negociação, heurísticas e função de avaliação (individual e colectiva), que melhor se adaptam a este problema.

**Palavras-Chave:** Marcação Automática de Reuniões, Sistemas Multi-Agente, Negociação, Resolução de Conflitos

## 1 Introdução

Neste artigo é descrita a marcação de reuniões, usando um sistema distribuído envolvendo vários agentes.

A marcação de uma reunião é uma tarefa frequente na actividade humana, envolvendo a marcação do local, data e hora comuns a um grupo de pessoas, em que se podem encontrar para realizar determinada actividade. Através da troca de informação, procura-se uma possível optimização das datas relativamente ao maior número possível de participantes.

No quotidiano, a marcação de uma reunião é uma tarefa naturalmente distribuída, de natureza dinâmica e combinatória [2]. Além disso, é comum que um grupo de pessoas possua restrições e indisponibilidades que produzam preferências em conflito com outros membros do grupo.

Globalmente, a marcação de reuniões é um processo fastidioso, iterativo e consumidor de bastante tempo. Por isso, a automatização da marcação é importante, não só porque poupa tempo e esforço humanos, mas também porque pode levar a uma marcação mais eficiente [10].

Este artigo apresenta uma formulação do problema de Marcação Automática Distribuída de Reuniões (DMS), baseada no trabalho de Sen e Durfee [5, 7]. A partir daqui é efectuada uma análise sobre alguns dos trabalhos relacionados com este tema, de forma a resumir a forma como outros autores abordaram a utilização de sistemas Multi-agente, negociação entre os agentes e resolução distribuída dos conflitos.

Analisa-se algumas implementações práticas existentes, incluindo soluções comerciais. As aplicações que implementam meras agendas electrónicas com processamento centralizado não foram consideradas. Interessa considerar soluções baseadas em verdadeiros agentes autónomos.

A partir daqui são retiradas conclusões relativas ao modelo de comunicação, estratégia de negociação, heurísticas utilizadas e função de avaliação (utilidade), de forma a projectar uma implementação de um SMA para este problema que permita remover algumas restrições em relação ao número máximo de agentes envolvidos e melhorar a eficácia computacional e qualidade da solução.

## 2 Descrição Formal do Problema

O processo de marcação de reuniões é composto por um conjunto de reuniões e um grupo de participantes. Dado o conjunto de reuniões  $n$ , e  $k$  participantes, Sen and Durfee [5], representaram o problema de marcação por:

$$S = (A, M)$$

Onde:  $A = \{1, 2, 3, \dots, k\}$ , é um grupo de participantes;

$M = \{m_1, m_2, m_3, \dots, m_n\}$ , é um conjunto de reuniões;

A janela de tempo pode ser representada como um dia e uma hora  $\langle D, H \rangle$ , o conjunto da janela chama-se **intervalo tempo**.

Cada reunião representa o conjunto de atributos:

$$m_i = (A_i, h_i, l_i, w_i, S_i, a_i, d_i, f_i, T_i),$$

Onde:  $A_i \subseteq A$ , é o conjunto de agentes que participam na reunião;

$h_i \in A_i$ , é o agente que funcionará como "host" desta reunião;

$l_i$ , é a duração da reunião;

$0 < w_i \leq 1$ , é o peso ou a prioridade da reunião;

$S_i$ , é um conjunto de tempo início no seu calendário para esta reunião.

Se  $|S_i| = 1$ , significa esta reunião está estrangida;

Se  $|S_i| = \{\}$ , significa esta marcação de reunião pode começar;

$a_i$ , é a proposta  $\langle D a_i, H a_i \rangle$  do "host" para esta reunião  $m_i$ ;

$d_i$ , é duração  $\langle D d_i, H d_i \rangle$  do "host" para esta reunião  $m_i$ ;

$f_i$ , é a proposta  $\langle D f_i, H f_i \rangle$  que converge.

$T_i$  é o tempo intervalo da proposta final, representado por:

$$\{\langle \text{dia}_i, \text{hora}_i \rangle, \langle \text{dia}_i, \text{hora}_i + 1 \rangle, \dots, \langle \text{dia}_i, \text{hora}_i + l_i - 1 \rangle\}$$

Cada agente tem o seu próprio calendário pessoal, no qual figuram as suas reuniões já marcadas. O calendário tem de estar associado ao processo de marcação de cada nova reunião e pode ser representado como:

$$C_j = \{\langle D_s, 0, X_{s,0} \rangle, \langle D_s, 1, X_{s,1} \rangle, \dots, \langle D_s, L-1, X_{s,L-1} \rangle, \\ \langle D_{s+1}, 0, X_{s+1,0} \rangle, \dots, \langle D_{s+1}, L-1, X_{s+1,L-1} \rangle, \dots, \\ \langle D_e, 0, X_{e,0} \rangle, \dots, \langle D_e, L-1, X_{e,L-1} \rangle\}$$

Onde:

$D_s$  é data início de calendário;

$D_e$  é data fim de calendário;

$L$  é número de horas por dia, e

$$X_{x,y} \equiv \begin{cases} m_i & \text{Se } j \in A_i \text{ e } \langle D_{x,y} \rangle \in T_i \\ \text{nil} & \text{nos restantes casos.} \end{cases}$$

A reunião  $m_i$  pode marcar-se quando:

$$\forall j, j \in A_i, \text{ e } \forall y, z, \langle D_y, H_z \rangle \in T_i, \langle D_y, H_z, m_i \rangle \in C_j.$$

### 3 Trabalhos Relacionados

Tem havido muitos trabalhos de pesquisa científica na área da Marcação de Reuniões. É de destacar o trabalho de Sandip Sen e Edmund Durfee da Universidade de Tulsa e da Universidade de Michigan [5, 6, 7], que trabalharam com sistemas Multi-agente, efectuaram a formulação vista acima e procuraram soluções distribuídas baseadas em protocolos de negociação.

Estes autores não consideraram um atributo adicional, que é o local da reunião. Restrições de espaço, de salas ou até de cidade, são importantes na marcação de muitas reuniões e seriam uma adição interessante a ser considerada.

Para Sycara e Garrido [8], a marcação de reuniões é uma tarefa distribuída onde cada agente sabe as preferências e disponibilidades do utilizador agindo em seu proveito. Os autores apresentaram um sistema distribuído de marcação de reuniões sem um controlo fixo centralizado, ou seja, não existe um agente especial de controlo. Assim, todo e qualquer agente é capaz de marcar uma reunião e de negociar com outro, considerando as preferências individuais e disponibilidade do calendário, através de um protocolo dinâmico e de um mecanismo de coordenação [8, 9].

Nos suas experiências, os autores referidos consideraram o processo de negociação/marcação entre três agentes, consideraram um calendário com 3 dias, 3 horas por dia, e uma duração com tempo início múltipla de 30 minutos.

Este sistema mediu os parâmetros de eficiência e qualidade de reunião.

- Se a eficiência é constante, a qualidade de reunião decresce quando a densidade do calendário está a aumentar.
- Se a eficiência é melhor quando a densidade de calendário é menor ou igual a quatro tarefas preenchidos.

Foi apresentada uma alternativa [9] baseada no modelo de comunicação de restrições e de preferências entre os agentes.

Os agentes são capazes de negociar e relaxar restrições para procurar atingir o acordo sobre as marcações com utilidade alta. Usando este modelo, os agentes também podem reagir, rever a marcação e responder com alterações dinâmicas à evolução das situações.

O sistema COSMA (COoperative Schedule Management Agents) desenvolvido no Centro Alemão de Inteligência Artificial DFKI [4] pretende desenhar agentes com planos locais, metas, conhecimentos, compreensão e modelo do mundo conceptual e deixá-los interagir de forma cooperativa.

Este sistema foi aplicado para marcações de reunião. A negociação das datas das reuniões envolveu vários aspectos, começando pela selecção de um conjunto apropriado de mensagens e a especificação sequencial das mensagens via protocolo, depois do desenvolvimento de um modelo temporal que sustenta a classificação e comparação das propostas para guiar as decisões que serão feitas quando usarem uma estratégia

específica. Os efeitos do comportamento local dos agentes com uma negociação foram uma alocação cooperativa das reuniões dentro do calendário dos participantes.

A principal contribuição deste trabalho consiste no desenvolvimento de um modelo de negociação que suporta a comunicação em diferentes níveis desde o simples envio de mensagens até diferentes estratégias de negociação que conduzam a diferentes mecanismos de cooperação a nível social [4].

## 4 Implementações práticas

Descreve-se de seguida alguns dos SMA propostos para a resolução do problema DMS, dando destaque às implementações práticas dos autores referidos no capítulo anterior.

### **Sistema de Marcação de Reuniões da Carnegie Mellon University (CMU)**

O factor primordial no desenvolvimento deste sistema é manter a privacidade da informação, dando prioridade a uma verdadeira autonomia e independência dos agentes. Assim, neste sistema, os agentes somente sabem a sua própria informação, isto é, preferências sobre a reunião e informação de calendário, podendo no entanto trocar alguma informação no processo de negociação [9].

Desta forma, uma reunião consiste em três atributos fundamentais:

- Data
- Início
- Duração

O processo de negociação desenrolar-se-á até que os agentes envolvidos cheguem a um consenso sobre os três parâmetros acima mencionados.

Basicamente, neste sistema, cada agente tem capacidade de relaxar três restrições diferentes relacionadas com o tempo: data, tempo de início e duração. Além disso, cada agente tem pesos, valores compreendidos entre 0 e 1, que indicam como relaxar cada uma dessas restrições de tempo.

A estrutura de agente é modular, isto é, cada módulo funciona como um processo independente, que pode enviar e receber mensagens de forma assíncrona [8].

Os agentes comunicam e negociam, sendo cada agente capaz de relaxar as suas preferências em função da medida do conflito na negociação.

Cada agente que recebe uma proposta pode aceitar ou rejeitar, respondendo com uma mensagem. Quando o agente a aceita, ele pode partilhar o valor da prioridade que este agente tem atribuído ao intervalo de tempo aceite.

Existe um agente coordenador, escolhido aleatoriamente, cujo papel é gerar uma proposta inicial e recolher mensagens de resposta para cada proposta. Quando a proposta foi aceite por todos os agentes, o coordenador calcula a utilidade do grupo e comunica-a aos restantes agentes, indicando que a proposta foi aprovada.

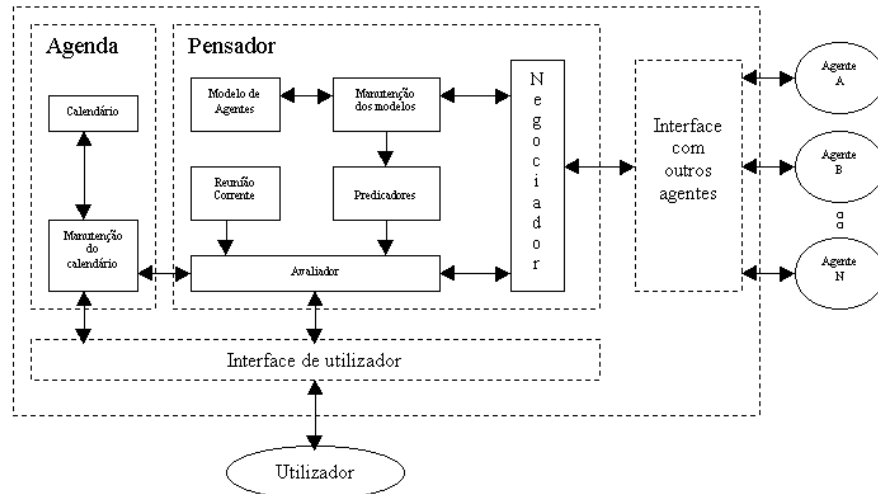


Fig. 1. Estrutura dos Agentes na Agenda do CMU

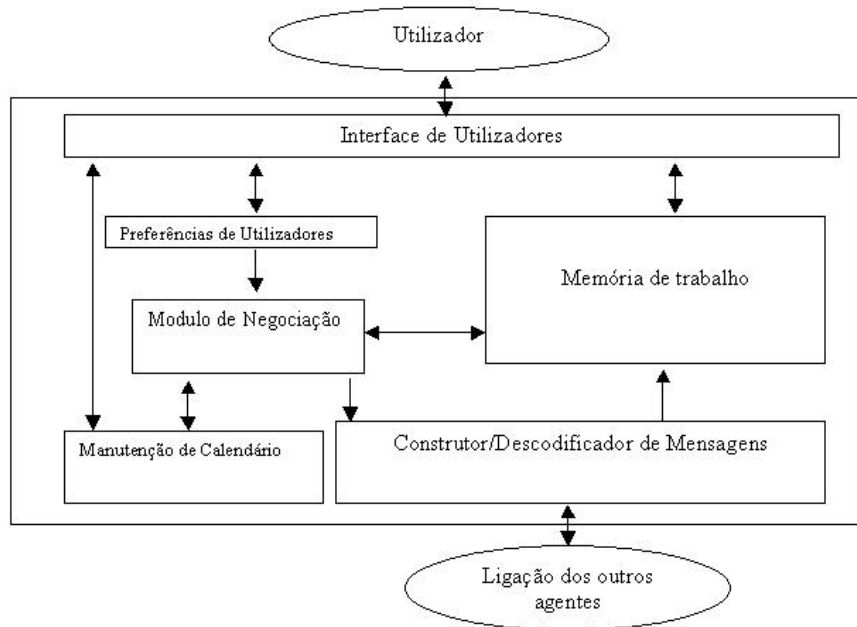
Se pelo menos um agente rejeitar a proposta, o coordenador tem de seleccionar e enviar uma nova proposta, eventualmente relaxando as suas restrições. Este processo repete-se até haver acordo entre todos.

#### A "agenda automática distribuída" da Universidade de Tulsa

Os trabalhos de Sen & Durfee [5, 6, 7] focaram sobretudo a resolução do problema da marcação de reunião usando o agente organizador ("host") fixo e centralizado que é capaz de comunicar com todos os outros agentes para marcar as reuniões. Os restantes intervenientes em cada reunião são chamados *convidados*.

Quando uma reunião é solicitada pelo utilizador do agente *organizador*, é pesquisado o calendário local para encontrar um intervalo que satisfaça as restrições. Esse intervalo é anunciado para os *convidados* como proposta para a reunião. Os restantes agentes pesquisam os seus calendários de reuniões e respondem com um subconjunto

O sistema distribuído de marcação de reunião utiliza agentes cuja estrutura é seguinte:



**Fig.2** Estrutura de agente de Sandip Sen

O utilizador interage com o sistema através do *Interface de Utilizadores*, que permite introduzir pedidos de reuniões e preferências. O utilizador pode também verificar quais as reuniões marcadas pelo agente e negociações em curso.

As *Preferências de Utilizadores* armazenam as preferências, prioridades para os diferentes tipos de reuniões, etc.

A *Memória de Trabalho* contém as estruturas de dados e valores temporários de reuniões em processo de negociação.

O *Módulo de Negociação* usa as preferências do utilizador para trocar propostas, que serão depois armazenadas na *Memória de Trabalho*.

A *Manutenção do Calendário* permite ao módulo de interface e ao módulo de negociação aceder e alterar a agenda do utilizador, que depois será comunicada através do *Interface de Utilizadores*.

O *Construtor/Descodificador de Mensagens* é utilizado para comunicar com o sistema de e-mail usado por esta implementação para comunicar com os outros agentes. Este módulo converte propostas em mensagens e vice-versa.

### COSMA do DFKI

O processo de negociação de COSMA consiste em cinco ingredientes: Formato de mensagens; Protocolos; Avaliação; Negociação; Cooperação.



**Fig.3** Estrutura dos ingredientes de negociação do COSMA

O protocolo de COSMA, é implementado como um autómato de estados, onde cada estado representa uma acção de um agente (acção de comunicação) e as transições representam as mensagens recebidas.

A ideia base é simples: a negociação começa com a mensagem de inicialização (tipo ARRANGE) do agente iniciador (que propõe a reunião e cria a primeira mensagem), especificando a prioridade da reunião, a lista de participantes e a primeira proposta do intervalo de tempo de marcação da reunião.

Se pelo menos um dos participantes rejeitar a reunião, esse agente tem de participar a rejeição a todos os participantes, terminando a negociação.

Se alguns participantes responderem com uma sugestão de modificação da proposta inicial, têm de notificar todos os restantes, propondo uma alteração de tempo, que será calculada baseando-se nas suas preferencias e nas sugestões de modificações recebidas.

Se todos os agentes aceitam a proposta, ou refinam o tempo proposto de forma a que os diferentes refinamentos se enquadrem num intervalo de tempo aceitável, o agente tem de fixar o horário para o início da reunião dentro desse intervalo e tem de comunicá-lo a todos os outros através duma mensagem de confirmação.

Pode acontecer que os participantes concordem com o intervalo de tempo, mas que não consigam encontrar suficiente sobreposição para os diferentes refinamentos a efectuar. Neste caso a proposta é considerada incompatível.

O nível de negociação está directamente construído sobre os níveis de protocolo e de avaliação. O nível de protocolo determina o contexto comunicacional para a decisão. O de avaliação providencia um critério de escalonamento para a realização das decisões. No contexto de uma proposta num protocolo de alto nível, um agente decide puramente sobre a existência de um sub-intervalo com uma utilidade positiva.



## MARSiMA

Desenvolvido por Li Xin, no âmbito da sua tese de mestrado, utiliza um sistema multi-agente para a implementação de uma agenda electrónica para marcação automática de reuniões.

Para a negociação entre os agentes foi utilizado um algoritmo genético, integrando aspectos de aprendizagem automática [10]. O algoritmo de negociação considera a agenda corrente e integra as crenças que o agente possui sobre os demais agentes.

Durante a negociação, é utilizada uma função de "crossover", permitindo relaxar as restrições iniciais do agente, conduzindo a uma possível convergência. Neste processo é permitida a diminuição da utilidade do próprio agente, mas obtém-se uma maior satisfação global.

A comunicação entre os agentes é feita utilizando a linguagem KQML e a plataforma de agentes JATLite [10].

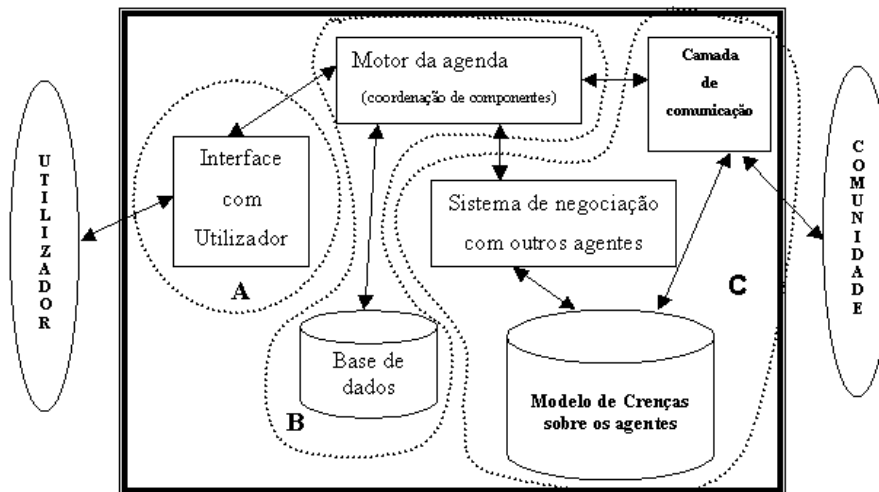


Fig.4 - Arquitectura do agente MARSiMA

## 5 Arquitectura proposta para os agentes

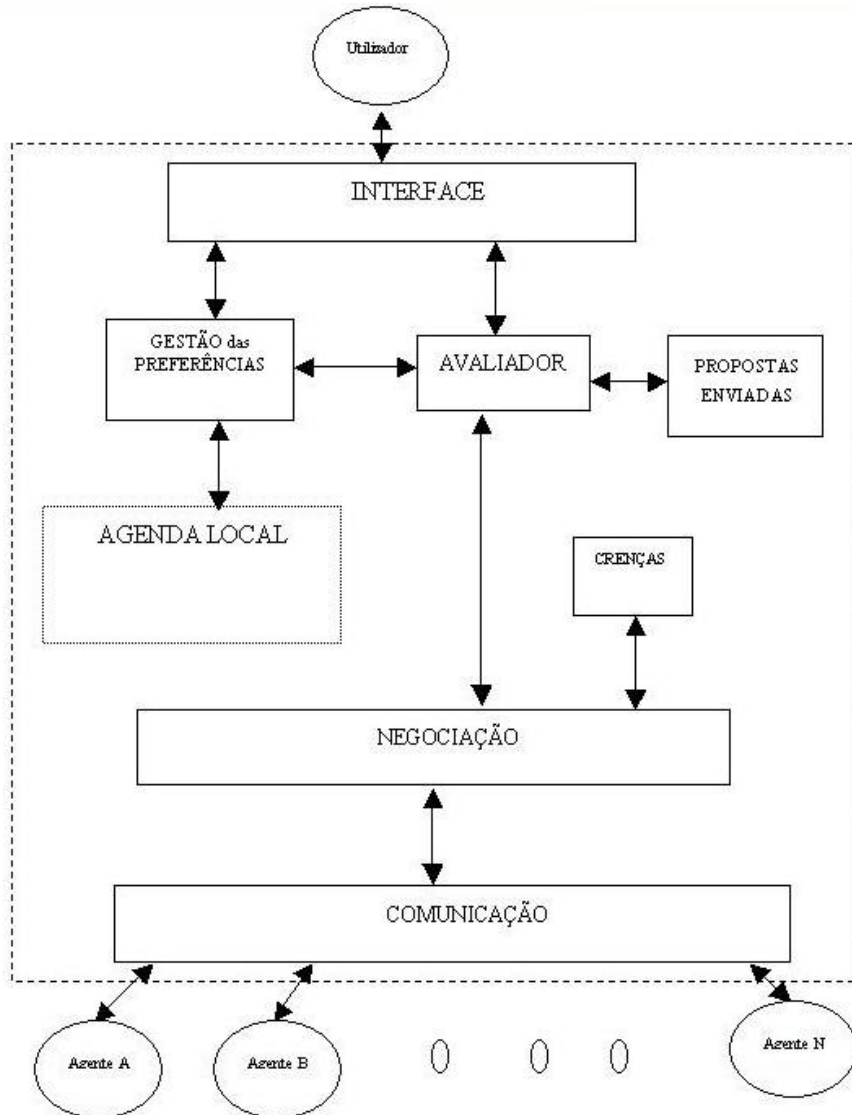


Fig.5 - Estrutura proposta para os agentes

## **Interface**

Permite a interação com o utilizador. É possível consultar as reuniões já marcadas, pedir uma nova reunião e acompanhar o processo de negociação. O utilizador associado a cada agente pode indicar as suas preferências (restrições suaves) e indisponibilidades (restrições rigorosas). As reuniões já agendadas farão parte deste grupo, como é natural.

## **Gestão das Preferências**

Em conjunto com a Agenda Local, irá fazer permitir a consulta e manipulação dos diferentes tipos de restrições deste agente, que servirão de base à formulação de novas propostas.

## **Agenda Local**

Serve para armazenar e manipular o calendário deste agente, contendo reuniões já marcadas. Este módulo comunicará à interface eventuais conflitos das preferências com o calendário e a marcação de uma nova reunião a partir da negociação.

## **Propostas Enviadas**

Para cada negociação em curso é armazenada a lista das propostas já enviadas. Irá conter também outros dados temporários relativos a reuniões cuja marcação ainda não foi concluída. Esta informação permite o uso de heurísticas para pesquisar novas propostas a enviar.

## **Crenças**

Contém informação recolhida das propostas recebidas, permitindo ao agente orientar as propostas que irá enviar e eventualmente implementar negociação estratégica, conforme descrito em [1].

## Avaliador

É responsável pela geração de propostas, que o módulo de Negociação depois seleccionará. Durante a negociação os agentes procuram os horários livres que podem propor. Esta procura é direccionada por uma função de utilidade que indica o valor de prioridade para cada intervalo de tempo (de acordo com as preferências individuais da reunião e do peso do relaxamento). Assim, a distância pesada entre o intervalo  $j$  e as preferências do agente  $K$ , tendo em conta os pesos de relaxamento, pode ser definida pela seguinte função [8]:

$$WDist(\vec{I}^j, \vec{P}^k, \vec{W}^k) = \sum_{i=1}^3 [\vec{W}^k \times Dist(\vec{I}^j, \vec{P}^k)]$$

$WDist$  é a distância pesada entre o intervalo  $j$  e as preferências do agente  $K$ .

$\vec{I}_j$ , é o vector do intervalo  $j$  do calendário com três atributos: uma data, uma hora inicial e uma duração.

$\vec{p}^k$ , é o vector das preferências do agente  $k$  com três atributos: uma data, uma hora inicial e uma duração.

$\vec{W}^k$ , é o vector dos pesos atribuídos pelo utilizador para relaxar as três variáveis ao longo do processo de negociação.

O índice  $i$  indica o atributo dessa reunião: 1 é a data; 2 a hora inicial e 3 a duração.

$Dist(\vec{I}_i^j, p_i^k)$ , é a distância entre  $\vec{I}_i^j$ , e  $p_i^k$ , ou seja, o número de possíveis diferentes instâncias do atributo  $i$  entre o valor do atributo do intervalo  $j$  e o valor do atributo que é o mais preferido pelo agente  $K$ .

## Negociação

A partir das propostas recebidas, este módulo decide se a proposta é aceite, recusada ou ajustada, passando esta informação aos outros agentes. Cada proposta em conflito terá um determinado nível de relaxamento, representando quanto este agente está disposto a perder da sua própria utilidade, para aumentar a utilidade global do sistema.

Este módulo recolhe informação das propostas recebidas, que armazena sob a forma de crenças. Esta informação será utilizada para direccionar a busca de novas propostas.

## Comunicação

Utilizando os recursos da plataforma JADE [11], este módulo irá comunicar com os restantes agentes do sistema para a marcação das reuniões.

## 6 Conclusões e Trabalho Futuro

Este artigo apresentou o problema de Marcação Automática Distribuída de Reuniões e efectuou uma análise sobre alguns dos trabalhos relacionados com este tema.

A formulação apresentada para o problema, tem servido de base a muitos trabalhos da área e é adequada ao trabalho que se pretende desenvolver. Poderia ser expandida para incluir como propriedade adicional o local da reunião.

Foram analisados alguns dos trabalhos mais importantes desta área, incluindo contribuições que se tornaram pratica comum em todas as aplicações desenvolvidas. Destaca-se o trabalho de Sandip Sen [6].

Das implementações práticas destes trabalhos podemos concluir que os autores deram muita importância a questões como a interface e o mecanismo de comunicação com os outros agentes. No projecto proposto estes pontos tornam-se secundários devido à utilização de linguagens como o Java e a plataforma de agentes JADE [11]. Isto permite concentrar esforços no desenvolvimento dos sistemas de negociação e resolução de conflitos mais adequados, com vista a melhorar a qualidade da solução obtida.

A arquitectura apresentada para os agentes simplifica alguns pontos e permite a implementação de técnicas muito promissoras como a alteração de reuniões já agendadas [3] e o uso de estratégias de negociação [1]. Neste último caso é importante o equilíbrio entre a informação privada de cada agente e a informação enviada aos restantes agentes. Se demasiada informação for divulgada, não há espaço para estratégias de negociação. Se pouca informação for divulgada, o sistema pode nunca convergir para uma solução.

Pretende-se brevemente implementar o sistema descrito e retirar dados experimentais que permitam verificar estas conclusões.

## Referencias

1. E. Crawford and M. Veloso: Learning to Select Negotiation Strategies in Multi-agent Meeting Scheduling. In: *12th Portuguese Conference on Artificial Intelligence (EPIA 2005)*, p.584-595, 2005
2. A. B. Hassine, X. Défago and T.B. Ho: Agent-based Approach to Dynamic Meeting Scheduling Problems. In: *Proceedings of the Third Conference on Autonomous Agents and Multi-agent Systems (AAMAS'04)*, p.1130-1137, New York, USA, 2004.
3. P. J. Modi and M. Veloso: Bumping Strategies for the Multiagent Agreement Problem. In: *Proceedings of the Fourth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-agent Systems (AAMAS'05)*, p.390-396, Utrecht, Netherlands, 2005.
4. P. Sablayrolles and A. Schupeta: Conflict Resolving Negotiation for COoperative Schedule Management Agents (COSMA), In: *DFKI Research report TM-93-02*, 1993
5. S. Sen and E. H. Durfee: A Formal Study of Distributed Meeting Scheduling: Preliminary Results. In: *ACM Conference on Organizational Computing Systems*, p. 55-68, 1991
6. S. Sen and E. H. Durfee: Developing an Automated Distributed Meeting Scheduler. In: *IEEE Expert*, vol.12, no. 4, p.41-45, 1997
7. S. Sen and E. H. Durfee: A Contracting Model for Flexible Distributed Scheduling. In: *ACM Conference on Organizational Computing Systems*, p. 55-68, 1991
8. K. Sycara and L. Garrido: Multi-agent Meeting Scheduling: An Experimental System. In: *V Congresso Iberoamericano de Inteligencia Artificial*, p.104-113, 1996
9. K. Sycara and J. Liu: Distributed Meeting Scheduling. In: *Sixteenth Annual Conference of the Cognitive Society*, 1994
10. L. Xin: MARSiMA - Marcação Automática de Reuniões usando um Sistema Multi-Agente. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2000
11. JADE - Java Agent DEvelopment Framework.  
In: <http://jade.tilab.com/papers/2003/WhitePaperJADEEXP.pdf>, (consultado em Dezembro de 2005)