

# MAMIS – A Multi-Agent Medical Information System – Um sistema multi-agente de informação médica

José Manuel Fonseca

[jmf@uninova.pt](mailto:jmf@uninova.pt)

André Damas Mora

[atm@uninova.pt](mailto:atm@uninova.pt)

Ana Celeste Marques

[acm@uninova.pt](mailto:acm@uninova.pt)

UNINOVA - Instituto de Desenvolvimento de Novas Tecnologias  
Campus da FCT/UNL – Monte de Caparica – PORTUGAL

**Palavras chaves:** *Sistemas de informação médica, Sistemas multi-agente, Registos electrónicos de saúde.*

*O sector da saúde está actualmente sofrendo uma reestruturação profunda com vista à digitalização da informação médica o que terá consequências óbvias a nível de qualidade e eficiência do funcionamento dos diversos serviços deste sector. No entanto, a adopção de diferentes formatos de dados coloca graves problemas de compatibilidade tornando a informação dificilmente utilizável fora do sistema onde é originada. Por outro lado, as restritas regras de carácter ético que regulam este sector de actividade levam também a que a disponibilização da informação entre diferentes entidades seja efectuada com muitos receios ou mesmo vedada, exceptuando-se normalmente casos em que existam justificações bem fundamentadas. É portanto natural a grande dificuldade ou mesmo a impossibilidade de criação de sistemas centralizados de colecta de informação sobre os pacientes que possam ser partilhados pela comunidade médica devido a um grande número de razões tanto éticas como legais. Face a estas barreiras, e no intuito de criar uma ferramenta que seja uma mais valia neste sector, desenvolveu-se o sistema MAMIS (Multi-Agent Medical Information System), um sistema multi-agente para informação médica que possibilita a pesquisa de informação médica distribuída, não tendo por base uma partilha de bases de dados, mas sim uma negociação da informação, caso-a-caso, entre os diversos agentes.*

## **Introdução**

Os melhoramentos na qualidade e eficiência do funcionamento dos diversos serviços do sector da saúde estão de certa forma relacionados com a profunda reestruturação em que se encontra este sector originada com a digitalização da informação médica. O avanço tecnológico e o desenvolvimento das tecnologias de informação têm provocado grande impacto junto deste sector através dos novos equipamentos de apoio e das novas formas de organização e arquivo de dados. Desta forma, surge a necessidade de converter os registos de informação antigos no mesmo formato dos novos arquivos digitais, com os dados devidamente estruturados, de modo a facilitar a sua integração em novos sistemas. Como é comum em qualquer reestruturação, o desenvolvimento de sistemas de informação médica tem-se deparado com alguns obstáculos, especialmente devido a questões éticas no tratamento desses dados. Assim sendo, o tratamento automatizado deste tipo de informação necessita de particular protecção e garantias de privacidade.

Perante este tipo de cenário que se encontra no sector da saúde, desenvolveu-se uma ferramenta que utilizando um formato de dados comum, mas podendo também incluir diferentes formatos de dados, permite pesquisar e negociar informação médica entre diferentes entidades clínicas representadas por agentes “inteligentes”. Esta ferramenta, denominada MAMIS - (Multi-Agent Medical Information System), consiste num sistema multi-agente de informação médica, encontrando-se descrito de forma mais detalhada ao longo deste documento.

## **Principais dificuldades no desenvolvimento de um Sistema de Informação Médica**

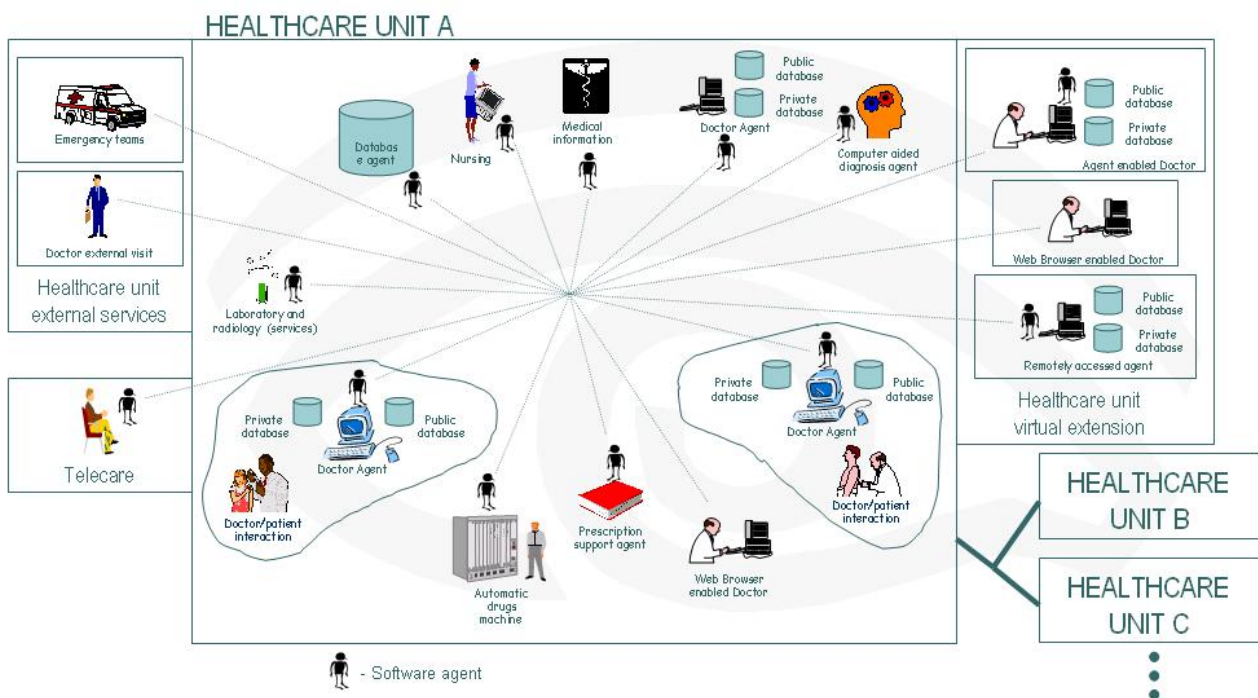
Ao projectar um sistema de informação médica, encontram-se alguns obstáculos que dificultam o seu desenvolvimento e posterior utilização. As questões éticas, adjacentes à natureza dos dados envolvidos neste sector, têm dificultado esse processo e representam um dos principais obstáculos encontrados. Em Portugal, a CNPD – Comissão Nacional de Protecção de Dados [1], é a entidade que regulamenta a recolha, acesso, manipulação e divulgação de informação de saúde. Com base no último relatório da CNPD, “*nos termos do artigo 10.º da Lei 67/98 o responsável está obrigado a assegurar o direito de informação, em particular sobre a identidade do responsável, finalidade do tratamento, destinatários ou categorias de destinatários dos dados e formas do exercício do direito de acesso e rectificação por parte dos titulares dos dados*” [2]. Como tal, os dados para serem disponibilizados, necessitam de consentimento prévio do respectivo paciente, tendo em conta os fins a que se destinam. Esta situação levanta questões de segurança e autenticação, para que os dados apenas possam ser transferidos com as autorizações quer do paciente, quer da entidade clínica ou hospitalar onde foram realizados os exames ou análises que deram origem aos respectivos dados.

Outra das dificuldades encontradas está associada à dispersão geográfica, e à pouca ou nenhuma comunicação entre as diferentes entidades médicas. Portanto, quando se pretende construir o *bioprofile* de um paciente, (por *bioprofile* entende-se todo o historial clínico de um paciente [3]), é necessário realizar a recolha de dados das diversas instituições médicas onde esse paciente tenha efectuado exames, consultas, etc., ao longo da sua existência desde o seu nascimento até ao momento actual. Quando um paciente é seguido sempre no mesmo local médico, esta tarefa é facilitada. Todavia, na maioria dos casos, isso não se verifica, pois o paciente pode-se deslocar a diferentes clínicas, bem como ter necessidades de cuidados médicos em locais distintos e geograficamente distanciados. Desta forma, torna-se necessário elaborar um sistema de comunicação entre entidades médicas, que permita a pesquisa de informação entre elas. Este sistema, por sua vez, encontra um outro obstáculo ao nível da estrutura de dados, visto que a generalidade das entidades que operam neste sector utilizam diferentes formatos de dados. Deste modo, os diferentes formatos de dados colocam graves problemas de compatibilidade tornando a informação dificilmente utilizável fora do sistema onde é originada.

Actualmente, cada clínica utiliza o registo electrónico de saúde que mais lhe é favorável, causando dificuldades à implementação de um Sistema de Informação Médica que possibilita troca de informação. Para que cada campo possa ser entendido e interpretado de forma correcta, uma solução possível seria desenvolver um registo electrónico de saúde comum, ou adoptar um dos já existentes como base comum de todas as entidades médicas. No entanto, a realidade deste sector ainda está longe de se aproximar deste tipo de solução, pois grande parte dos dados clínicos encontram-se em documentos não digitais o que dificulta a sua reutilização em ferramentas que tratam e organizam essa informação.

## MAMIS – A Multi-Agent Medical Information System

Tendo conhecimento dos obstáculos anteriormente apresentados e no intuito de criar uma ferramenta que seja uma mais valia neste sector, desenvolveu-se o sistema MAMIS (Multi-Agent Medical Information System), um sistema multi-agente de informação médica que possibilita a pesquisa de informação médica distribuída, não tendo por base uma partilha de bases de dados, mas sim uma negociação de informação médica entre os diversos agentes. Cada agente representa uma fonte de informação médica, como por exemplo: uma clínica, um hospital, um laboratório de análises e exames médicos, ou um médico, que poderão executar pesquisas e/ou fornecer informação. No caso de um médico, este poderá executar pesquisas quer no seu consultório, quer quando em serviço externo, através da mobilidade conferida por um portátil ou uma PDA. A figura 1 ilustra vários tipos de agentes em diferentes unidades de saúde e actividades. Na arquitectura proposta, cada agente possui uma base de dados privada e uma base de dados pública, sendo que, como os nomes sugerem, a base de dados privada apenas é consultada pelo seu agente e a base de dados pública tem permissões de inserção de novos dados por parte de agentes externos.



**Figura 1. Arquitectura multi-agente.**

Na generalidade dos casos, os diferentes locais médicos utilizam uma grande diversidade de formatos de dados clínicos. De modo a facilitar a troca de informação entre agentes, definiu-se um formato de dados uniformizado, por meio do qual todos os agentes enviam e recebem pedidos de informação respeitantes a um determinado paciente.

Cada agente pode comportar-se como um agente emissor ou receptor de pedidos de informação. Quando o agente emissor emite um pedido para a rede de agentes, cada um dos agentes receptores irá verificar se possui a informação pedida. No caso de estar na posse dessa informação, pode, caso assim o deseje, enviá-la para o agente emissor ou enviar uma proposta de negociação da informação pretendida. Esta situação salvaguarda a base de dados de cada agente e a estratégia empresarial de cada entidade clínica, pois os pedidos apenas serão tratados segundo as características estratégicas de cada agente. Assim sendo, este método de troca de informação permite a cada agente

decidir quais os dados que pretende disponibilizar, ou até exigir o pagamento dessa informação. A negociação é baseada na troca de mensagens entre agentes.

O sistema MAMIS permite ao agente que representa o médico, pesquisar informação médica no seu sistema e sobre toda a rede de agentes que estejam conectados nesse instante. A recolha da informação pretendida só se verifica quando um dos agentes conectados nesse instante esteja na posse da mesma e a envie para o agente que originou o pedido. Todavia, todo este processo é efectuado de um modo transparente para o utilizador do sistema. Após a efectuada a pesquisa de informação de um paciente, obtém-se um conjunto de dados que pode contribuir para a elaboração do *bioprofile* do respectivo paciente. De modo a facilitar a visualização e interpretação do *bioprofile*, foram também desenvolvidas algumas ferramentas gráficas para dar suporte a este tipo de análise de dados.

No protótipo de sistema distribuído desenvolvido, foram adoptados três níveis de partilha de informação médica: local, clínica e global. A pesquisa a nível global engloba todos os agentes envolvidos na rede, incluindo o próprio agente que desencadeia a pesquisa. A pesquisa a nível da clínica processa-se de forma análoga, mas envolvendo apenas os agentes registados na clínica a que o agente pertence. Por fim, a pesquisa a nível local, como o nome indica, realiza a pesquisa consultando apenas o próprio agente, ou seja, pesquisando apenas na sua base de dados privada.

De forma a permitir a adaptação da interface gráfica às necessidades de cada clínica que adopte o sistema MAMIS, a interface gráfica desenvolvida é configurada de forma automática pela base de dados de informação médica através dos campos nela existentes e das definições de visualização nela contidas.

O sistema está sendo desenvolvido usando a plataforma de agentes JADE (Java Agent DEvelopment Framework) [4], que como o nome sugere, utiliza o JAVA [5] como linguagem de programação. As bases de dados são construídas em MySQL [6].

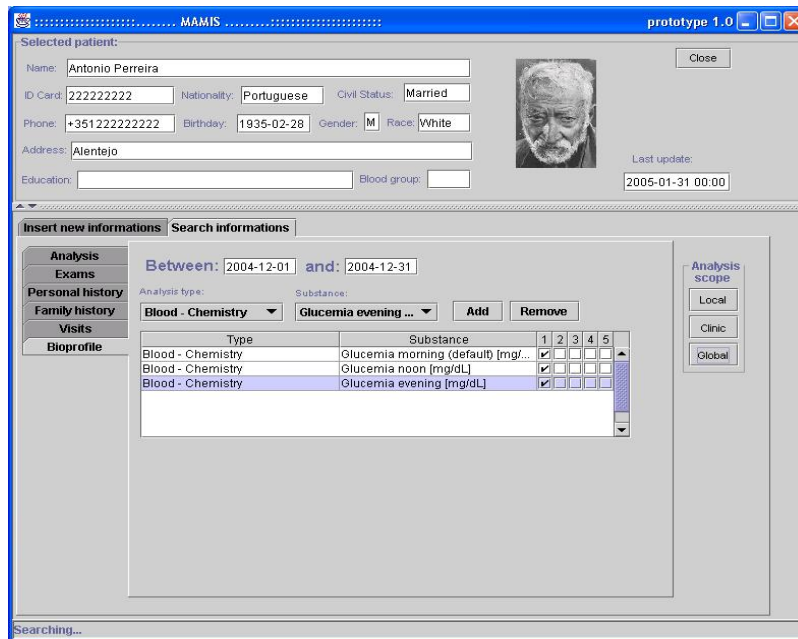
### **Um exemplo de Bioprofile**

Para melhor ilustrar o modo como é realizada uma pesquisa do *bioprofile* de um indivíduo, segue-se a descrição de um cenário onde um médico procura informação dos níveis de glicémia de um paciente, (neste caso de um doente diabético), medidos de manhã (em jejum), antes de almoço e antes de jantar, durante o mês de Dezembro de 2004.

O primeiro passo consiste em procurar a ficha clínica do paciente, através do nome ou através do seu número identificativo do sistema. Após encontrada a ficha, é disponibilizado ao médico um conjunto de ferramentas para pesquisa de diversos tipos de informação, tais como: exames radiológicos, ecografias, análises diversas, histórico familiar, etc. Neste exemplo será efectuada uma pesquisa por análises às substâncias: glicémia em jejum (Glucemia morning), glicémia antes de almoço (Glucemia noon) e glicémia antes de jantar (Glucemia evening). A figura 2 ilustra a pesquisa destas três substâncias, sendo todas elas visualizadas na mesma escala (escala 1). As escalas são calculadas dinamicamente, podendo o médico seleccionar cada substância numa escala, ou várias substâncias na mesma escala. Como foi anteriormente referido, esta pesquisa pode ser efectuada num de três níveis: Local, Clínica ou Global. Para este exemplo, realizou-se uma pesquisa a nível global.

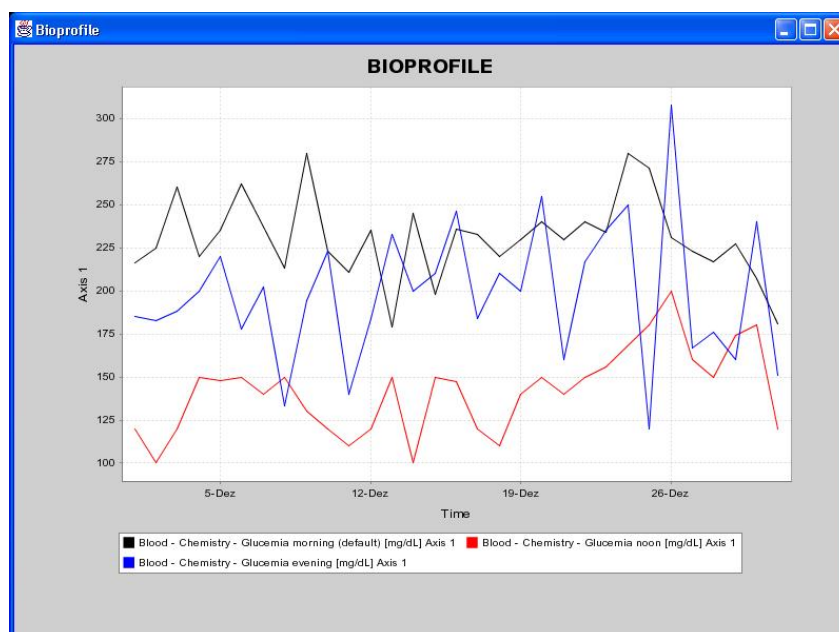
Ao ser activado o método de pesquisa global, o agente médico desencadeia o envio de mensagens para todos os agentes pertencentes ao sistema com o pedido dos níveis de glicémia deste paciente medidos durante o mês de Dezembro de 2004. Os agentes conectados no sistema ao receberem o pedido, verificam se estão na posse da informação pretendida

e caso pretendam, enviam essa informação para o agente médico requerente. Todo este processo é executado de um modo transparente para o utilizador.



**Figura 2. Pesquisa de Bioprofile a nível global.**

Após recebida a informação dos diferentes agentes, é apresentado o *bioprofile* pretendido, ilustrado na figura 3. O médico ao analisar o bioprofile do paciente, representado neste exemplo pelos três níveis de glicémia, pode analisar as oscilações ao longo desse período e concluir se os valores correspondem ou não a um padrão regular. Neste exemplo, verificam-se poucas oscilações ao longo do mês, mas é de salientar a variação do nível de glicemia medido antes de jantar (representado a azul na figura 3), de cerca de 120 mg/dL para os 310 mg/dL medidos no dia 26 de Dezembro. Esta variação está directamente relacionada com a alteração do comportamento dietético do paciente associado à época Natalícia. Este exemplo ilustra a utilidade do *bioprofile* de um paciente para a análise das consequências do seu comportamento ou da evolução do seu estado de saúde ao longo de um período de tempo que se pretenda observar.



**Figura 3. Bioprofile resultante da pesquisa.**

## Conclusões e trabalho futuro

O protótipo MAMIS demonstra a validade da adopção do paradigma de programação baseado em multi-agentes para a implementação de um sistema de partilha de dados médicos distribuído. Esta proposta permite manter a identidade e privacidade dos dados dos diversos intervenientes possibilitando, no entanto, a troca de informação quando requerida por algum deles. Esta troca de informação será em todos os casos baseada numa troca de mensagens que poderá (e deverá) ser analisada caso a caso podendo ser aprovada ou negada pelo agente detentor da informação consoante a situação em causa. A solução baseada numa base de dados global onde todos os agentes pudessem aceder sempre que necessitassem de informação seria uma alternativa ao modelo aqui apresentado que é claramente inviável devido a limitações de carácter ético, legal e mesmo comercial que a tornam inatingível. Este protótipo, embora estando ainda num estado laboratorial e portanto longe de um sistema utilizável em cenários reais, permite demonstrar a aproximação sugerida bem como estudar os principais problemas que se colocam neste tipo de sistemas e desenvolver soluções pontuais que os permitam ultrapassar.

A próxima fase deste trabalho passa pela adopção de um sistema de representação de dados próximo do *standard* HL7[7], que se está rapidamente a impor e a ser adoptado por um número significativo de instituições. Para além da migração da base de dados para um formato standard de forma a tornar o sistema compatível com outros que estão neste momento em desenvolvimento no seio da rede Biopattern, são também objectivos a curto prazo a introdução de tecnologias web tais como os webservices [8] e a integração deste sistema numa rede GRID utilizando as suas funcionalidades para a segurança da informação e para o cálculo intensivo com vista à integração de ferramentas de diagnóstico avançadas.

## Agradecimentos

O protótipo tem sido desenvolvido pelo UNINOVA e tem contado com a colaboração de diversos parceiros europeus participantes na Rede de Excelência Europeia - BIOPATTERN (Computational Intelligence for Biopattern analysis in Support of eHealthcare – Network of Excellence (2004-2008)).

## Referencias

- [1] Comissão Nacional de Protecção de Dados, <http://www.cnpd.pt/>
- [2] Relatório de Auditoria ao Tratamento de Informação de Saúde nos Hospitais, Relator – Amadeu Guerra, Comissão Nacional de Protecção de Dados, 2004, pág. 7. [http://www.cnpd.pt/bin/relatórios/outros/Relatorio\\_final.pdf](http://www.cnpd.pt/bin/relatórios/outros/Relatorio_final.pdf)
- [3] Biopattern Network of Excellence, <http://www.biopattern.org/>
- [4] JADE – Java Agent Development Framework, <http://jade.tilab.com/>
- [5] Java, <http://www.java.sun.com/>
- [6] MySQL, <http://www.mysql.com/>
- [7] HL7, <http://hl7.org/>
- [8] WebServices, [www.webservices.org](http://www.webservices.org)