

UMA ABORDAGEM MULTI-AGENTE AO ENSINO MÉDICO UTILIZANDO A WEB

Victor Alves¹, Alberto Marques², Luís Nelas³ e José Neves¹

¹Universidade do Minho, Departamento de Informática – Braga - Portugal

²Centro Hospitalar do Tâmega e Sousa, EPE – Penafiel - Portugal

³Radiconsult, S.A. – Braga, Portugal

e-mail: ¹{valves,jneves}@di.uminho.pt, ²marquestris@hpamerico.min-saude.pt,
³luis.nelas@radiconsult.com

RESUMO

O ensino baseado na *Web*, utilizando Sistemas Tutoriais Inteligentes (STIs), é considerado um dos mais bem sucedidos empreendimentos da Inteligência Artificial. Na verdade, há uma longa lista de STIs já testados e que demonstraram facilitar o processo de aprendizagem, entre os quais se encontram os que respondem por disciplinas como a Álgebra, Geometria, Línguas e Informática. Estes STIs utilizam uma grande variedade de paradigmas computacionais, tais como Sistemas de Produção, Redes Bayesianas, Esquemas de *Templates*, Prova de Teoremas, e/ou Raciocínio Baseado em Casos. Espera-se, por conseguinte, que a próxima geração de STIs vá um pouco mais longe, adoptando não só interfaces inteligentes, mas centrando-se na integração de sistemas. Neste artigo iremos abordar algumas das particularidades de um sistema tutorial que se está a desenvolver na área médica, que permite a integração de fontes de informação altamente heterogêneas numa base de conhecimento coerente, tanto do ponto de vista do tutor, como das unidades temáticas em si, ou seja, os conteúdos do sistema são criados de forma dinâmica pelos médicos e restantes profissionais em saúde, no seu labor do dia-a-dia. Isto passa por se aproveitar o normal funcionamento das unidades de saúde para construir, em tempo real, uma base de conhecimento de casos e de dados para fins de investigação e ensino.

1 INTRODUÇÃO

Tecnologias como a das Redes de Banda Larga, onde Hipermédia, Realidade Virtual, Inteligência Ambiente e Inteligência Artificial se conjugam, constituindo-se como os alicerces do chamado mundo *e-learning*, são uma realidade. Por outro lado, Sistemas de Informação e de Conhecimento desenvolvidos sob a forma de *front-ends* apoiados pela tecnologia *Web* têm proliferado. De facto, existem *sites* de *e-learning* na *Internet* que integram e difundem informação para médicos, pacientes e uma imensa panóplia de utilizadores (e.g., estudantes), e isto apenas para citar alguns. Estes portais têm-se desenvolvido de uma forma tão rápida, omnipresente, que se estão a tornar vítimas de sua própria popularidade (e.g., os problemas tecnológicos relacionados com a manutenção de um elevado número de *sites* em que se condiciona o fluxo de informações, conhecimentos e serviços têm vindo a ser detalhadamente descritos [Machado,2002]).

Para superar estes inconvenientes, existe trabalho a ser desenvolvido em metodologias de consolidação e integração de múltiplos *Web sites* em uma só entidade, i.e., o chamado portal de *e-learning* (portal na *Internet* é um novo termo que se vulgarizou nos últimos tempos). Referimo-nos, em termos gerais, a um sítio base, que inclui um motor de pesquisa, para além

de outros conteúdos, tais como notícias ou informação de entretenimento, destinadas a manter os utilizadores no portal o máximo de tempo possível. Utilizando portais com informação centralizada consegue-se obter eficiência operacional e redução dos custos, orientando negócios ou processos educacionais, porventura levando os próprios utilizadores a um processo de socialização, com reflexos no *e-business*, *e-procurement*, *e-health*, culminando no *e-learning*.

A vitalidade de um portal reside no seu potencial de integração, no apoio a comunidades virtuais de entidades as mais diversas, assim como na recolha, organização e difusão de informação, i.e., qualquer estratégia para a criação de um sistema deste tipo deve capitalizar neste ponto. Será pois de esperar que as organizações, escolas ou outras formas de entidades, que normalmente apresentam diferentes arquiteturas (e.g., com ou sem redundância de informação), com diferentes pessoas ou bens a seu cargo, procurem consolidar estes itens em um só (i.e., em termos de um portal).

1.1 Ensino Médico

Hoje mais do que nunca, o ensino médico é objecto de um enorme desafio. Exige o desenvolvimento não só de uma vasta gama de competências, sejam estas manuais, intelectuais, visuais e/ou tácteis, bem como ter-se em consideração grandes quantidades de informação (e.g., informação factual). Há ainda que não descurar o muito que se faz em termos de investigação na área da Medicina, com novos medicamentos e práticas para o acto médico a surgir a todo o momento, e a que o clínico não se pode furtar; ora isto torna o ensino em contínuo essencial.

Tradicionalmente, o ensino médico era baseado em textos, palestras e formação junto ao paciente acamado, sendo a mais comum a aprendizagem individual auto-orientada a partir do livro. Ora acredita-se que a ensino médico tradicional e a aprendizagem individual, em particular, pode ser complementada com sistemas electrónicos difundidos na *Internet/Intranet*. Na verdade, uma das vantagens dos sistemas electrónicos de ensino está em que estes abrem o caminho para se aumentar a participação do aluno. O aluno pode definir o ritmo, escolher os conteúdos e seleccionar o modo de apresentação, de acordo com as suas preferências ou situação. A consciencialização do processo de aprendizagem aumenta, bem como a satisfação obtida a partir dos conhecimentos adquiridos, i.e., o ensino médico pode ser bem mais célere e eficaz.

1.2 e-Learning

A aprendizagem utilizando meios electrónicos, que se passará a designar por *e-learning*, pode ser definida, em termos gerais, como os sistemas electrónicos de ensino / aprendizagem que são produzidos através da tecnologia *Web*. Entre os seus componentes encontram-se conteúdos que são difundidos em vários formatos, experiências na administração do ensino, comunidades de alunos, criadores de conteúdos e especialistas. Assim, o termo *e-learning* refere-se à utilização de tecnologias *Internet* para fornecer uma ampla gama de soluções que melhoram o conhecimento e o desempenho em processos de ensino / aprendizagem [Rosenberg,2000][Hartley,2000].

Um dos principais impactos do *e-learning* na educação reside no facto de proporcionar oportunidades para criar recursos que flexibilizam o processo de aprendizagem. Isto implica uma relação diferente entre professores e alunos, e mesmo entre as instituições, no sentido de

que os alunos passam a participar na sua própria formação, em que a hierarquia, tradicionalmente vertical, tende a tornar-se cada vez mais horizontal.

1.3 Sistemas Multi-Agente

Sistemas Multi-agente (SMA) podem ser vistos como uma nova metodologia de resolução de problemas, inerentemente distribuídos, via prova de teoremas, i.e., a computação baseada em agentes tem sido saudada como uma brecha na resolução de problemas em ambientes distribuídos e/ou de uma nova revolução na análise e desenvolvimento de software [Neves et.al.1997] [Faratin et.al.,1997] [Alves et.al.2001a] [Alves et.al.2001b] [Wooldridge,2003]. De facto, os agentes são o foco de interesse em muitas sub-áreas das Ciências da Computação, sendo utilizados numa ampla variedade de aplicações, desde os pequenos sistemas a sistemas abertos, complexos e críticos [Gruber,1991] [Abelha,2004]. Agentes não dão só corpo a uma tecnologia muito promissora a ser usada na resolução de problemas, mas estão a surgir como uma nova forma de pensar, um paradigma conceptual para resolução de problemas, para a concepção de sistemas, para lidar com a complexidade, a distribuição e a interactividade. Podem até ser encarados como uma nova forma de Computação e Inteligência.

Para desenvolver tais sistemas é necessário uma ferramenta de especificação, e acredita-se que um dos factores chave para a sua ampla aceitação é a simplicidade [Heinze et.al.,2000]. Na verdade, a utilização de agentes inteligentes para compreender terceiros (neste caso uma particular classe de utilizadores, os alunos) e os seus conhecimentos, e para inferir a estratégia mais apropriada de ensino a partir da interação com estes (os alunos), disponibiliza o potencial para definir uma prática de análise e de desenvolvimento de software, e uma metodologia de *design* que não faz a distinção entre agente e humanos até à fase de implementação.

Sendo o planeamento orientado deste modo, a construção destes sistemas, em que os seres humanos e os agentes se confundem, é altamente simplificado, i.e., a modificação e o desenvolvimento de um modo incremental, de sistemas de *e-learning* baseados em diferentes Sistemas Multi-Agente, em que o (agente) humano se encontra integrado, está a tornar-se fundamental no processo de desenvolvimento e análise de software [Machado,2002] [Neves et.al.,2000] [Alves,2002].

1.4 Agentes Tutoriais Inteligentes

Uma das possíveis utilizações de agentes e Sistemas Multi-Agente no ensino médico, vulgo *e-learning* e Inteligência Artificial (IA), verifica-se na concepção de agentes tutoriais que supervisionam e apoiam as acções do utilizador em ambientes em que se faz o processamento de informação; são agentes de interface que cooperam com os utilizadores (e.g., estudantes, profissionais de saúde) para atingir um dado objectivo [Sleeman & Brown,1982] [Burns et.al.,1991].

A ideia subjacente é a de que os computadores podem ser utilizados como veículos (i.e., ferramentas) para compreender os alunos e o respectivo estado de conhecimento, assim como para inferir a estratégia mais apropriada de tutoria. No entanto, vários factores têm atrasado o desenvolvimento de agentes tutoriais inteligentes, nomeadamente o escasso conhecimento que estes têm sobre a cognição e o comportamento humano. Esta situação irá melhorar, contudo, na sequência dos progressos registados nestes domínios (e.g., o problema da adaptação do ambiente às necessidades dos estudantes [Gauthier et. al.,2000]).

A complexidade do problema de concepção de agentes tutoriais inteligentes deve-se em parte à arquitectura monolítica em que se têm vindo a basear. Uma abordagem à concepção desses sistemas, e outros dentro do campo da IA, tenta resolver este problema aplicando uma estratégia do tipo "dividir para conquistar", que dá origem ao chamado Sistema Multi-Agente ou agências [Bradshaw,2001]. Estes tipos de sistemas são formadas por uma série de agentes que funcionam como entidades computacionais com total autonomia, e que comunicam entre si para executar uma dada tarefa.

Para incorporar nesta arquitectura um certo grau de adaptabilidade a possíveis e diferentes formas de utilização, permitindo uma aprendizagem personalizada, os agentes inteligentes devem ser desenvolvidos de forma a que cada agente se adapte em função das necessidades do sistema [Bigus & Bigus,2001] [Hendler,1996] [Maes,1995] [Maes,1996]. Por inteligentes queremos significar que o agente procura atingir os seus objectivos e executa as suas tarefas de modo a otimizar uma qualquer medida relacionada com o seu desempenho [Alves,2002] [Weiss,1999] [Edwards et.al. 2001].

2 O SISTEMA MULTI-AGENTE

Nesta secção descrevemos os nossos esforços e experiências na concepção de Sistemas Multi-Agente (SMA) de suporte a *e-learning* na área médica. No núcleo do sistema desenvolvido encontra-se um repositório com a base de dados dos agentes e uma grande quantidade de ficheiros (e.g., de imagens médicas, vídeos, som, texto). Esta informação é complementada com a base de conhecimentos que define a sua estrutura e classifica e define as relações entre os seus elementos. Sobre esse núcleo foi desenvolvido um SMA que acede à informação e a apresenta de acordo com as tarefas específicas a que se destina, que poderá ir desde a simples referência de informação textual ou a um roteiro por uma unidade temática, até uma reconstrução tridimensional de um conjunto de imagens anotadas de uma estrutura orgânica funcional (e.g., interfaces para alunos e profissionais da saúde) (Figura 1). Também foram desenvolvidos um conjunto de agentes auxiliares, que tratam da actualização da base de dados e do repositório, efectuando as ligações com as fontes de dados. A prioridade em termos de implementação foi dirigida para o campo da imagiologia médica, indo da aquisição e arquivo de exames até às interfaces para médicos, professores e alunos. Em termos da representação da informação foram utilizados formatos, normas e protocolos amplamente aceites nesta área (e.g., DICOM, HL7). Esta opção foi mandatória para conseguirmos uma grande flexibilidade na manipulação do processo de automatização da recolha de dados, evitando desse modo o risco de ficarmos dependentes de software e/ou hardware de um determinado fornecedor, viabilizando a escalabilidade do sistema.



Figura 1. Estrutura por camadas do Software

2.1 Arquitectura do Sistema Multi-Agente

Nesta secção iremos abordar os agentes de software desenvolvidos, começando com uma breve descrição dos principais tipos de agentes e especificando a forma como estes interagem entre si. Tendo em atenção este objectivo, os agentes foram agrupados em quatro conjuntos, complementares, correspondendo às interfaces de Aquisição de Dados Médicos, Profissionais da Saúde, Recursos de Ensino e Utilizadores (i.e., Estudantes) (Figura 2).

As interfaces de Aquisição de Dados Médicos permitem a aquisição a partir de equipamentos médicos, principalmente a partir de imagiologia médica e de registos clínicos electrónicos.

As interfaces dos Profissionais de Saúde são utilizadas principalmente por médicos que complementam a informação médica existente no sistema (e.g., classificação das imagens, casos de estudo), e utilizam a informação disponível nas suas tarefas do dia-a-dia (e.g., consulta de uma colecção de casos semelhantes ao do paciente que têm entre mãos).

As interfaces de Recursos de Ensino permitem a introdução e manutenção de novos conteúdos de carácter formativo. Nestas interfaces é possível aos formadores criar e actualizar casos de estudos, exercícios e conteúdos para o processo de *e-learning*. Eles consultam e criam hiperligações a ligar os seus conteúdos pedagógicos com a base de conhecimentos e com as informações médicas arquivadas automaticamente pelo sistema.

Os utilizadores do sistema (i.e., de um modo geral os alunos), são os elementos-chave, estão registados no sistema e o seu perfil definido (i.e., escolhendo temas e áreas de interesse), pesquisam material de estudo, efectuam testes de diagnóstico utilizando os casos de estudo e resolvem os exercícios e exames disponíveis. Podem também questionar o sistema e executar simulações.

O sistema está preparado para executar alguns procedimentos de um modo automático, tal como avaliar a sua utilização por parte dos seus utilizadores (e.g., estudantes, formadores e

profissionais de saúde), adaptando as interfaces do modo mais adequado. Isto é conseguido em termos de conteúdos e não do *design* da interface.

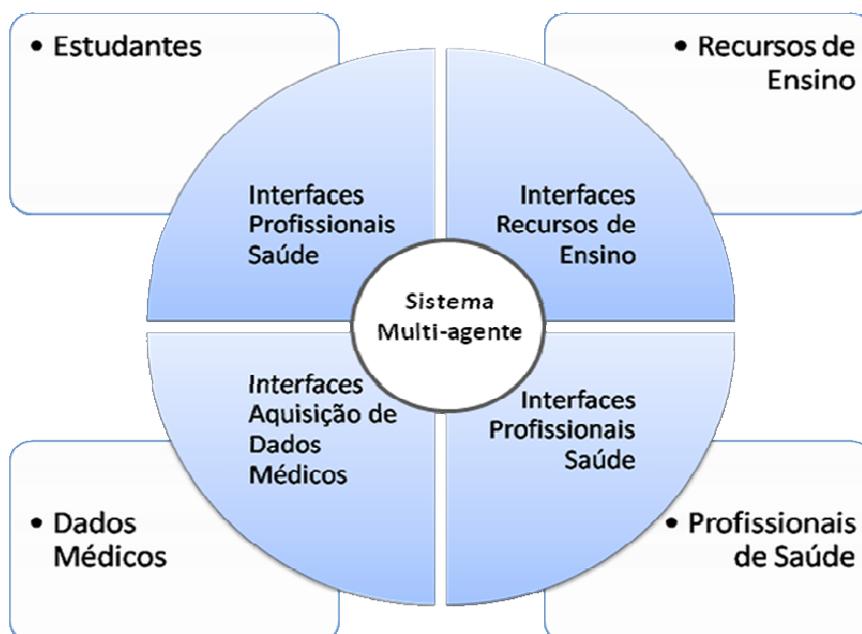


Figura 2. Arquitectura do Sistema

2.2 Objectivos e Tarefas dos Agentes

Para implementar o Sistema Multi-Agente (SMA), foram definidos seis tipos de agentes. Na Tabela 1 são apresentados os agentes, pelo que respondem e as suas principais tarefas.

Tabela 1. Objectivos e tarefas dos Agentes

Agentes	Objectivos	Tarefas	Interfaces
Agentes de Perfil	Optimização de interfaces.	Registo das preferencias e das tarefas executadas pelos utilizadores.	-Estudantes; -Profissionais de Saúde.
Agentes de Avaliação	Avaliar as interfaces dos utilizadores.	Avaliar as preferencias e tarefas executadas pelos utilizadores; Apontar possíveis melhorias nas interfaces.	
Agentes Produtores de Informação	Preparar informação para o sistema (e.g., conteúdos, imagens médicas, casos de estudo, interfaces).	Acrescentar ou alterar conteúdo e funcionalidades do sistema.	
Agentes de Pesquisa	Disponibilizar informação com qualidade e de acordo com o pedido pelo utilizador.	Procurar informação na Base de Conhecimento.	-Estudantes; -Recursos de Ensino; -Profissionais de Saúde.

Agentes de Interrogação	Responder a questões colocadas pelos utilizadores.	-Tentar encontrar respostas para as questões colocadas pelos utilizadores; -Avaliar os recursos necessários para o ensino de novos tópicos.	-Estudantes; -Recursos de Ensino.
Agentes de Anonimização	Esconder a identificação dos pacientes nos dados.	Produzir réplicas anonimizadas da informação médica.	-Produtor de Dados Médicos; -Profissionais de Saúde.

2.3 Interacção entre Agentes

O sistema está dividido em cinco partes. As quatro primeiras correspondem às áreas principais e a última representa o núcleo do sistema.

2.3.1 Interfaces de Aquisição de Dados Médicos

O esquema da Figura 3 ilustra o modo como as interfaces de Aquisição de Dados Médicos adquirem informação para o sistema. Quando a Aquisição de Dados Médicos envia os dados para a Base de Conhecimento, um agente de Anonimização é activado, criando réplicas anonimizadas dos dados que poderão ser utilizados pelos Agentes de Produção de Informação, para gerar novos conteúdos formativos (o processo de produção pode utilizar informação já existente na Base de Conhecimento). Os dois tipos de agentes interagem e publicam o seu estado interno por troca de mensagens, servindo-se da figura de Quadro Negro (memória partilhada).

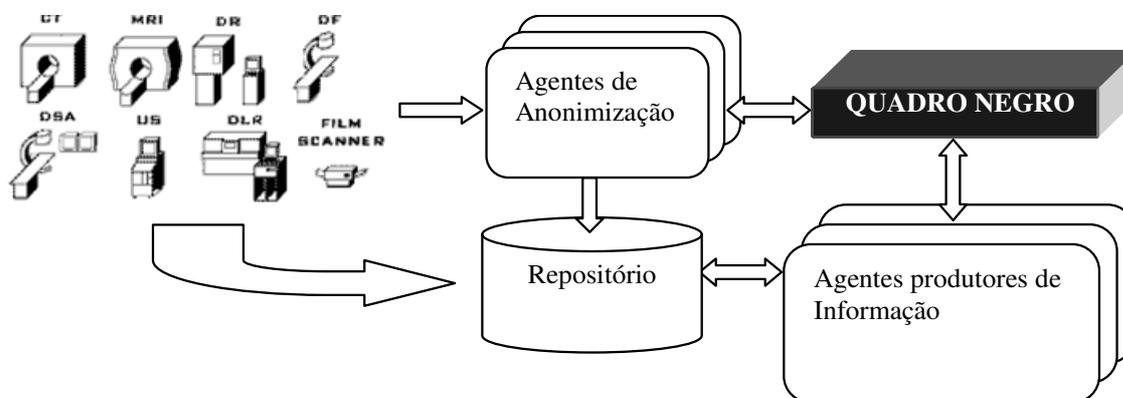


Figura 3. Aquisição de Dados Medicos

2.3.2 Interfaces dos Profissionais de Saúde

Os profissionais de saúde são também fornecedores de informação para o sistema. O comportamento do sistema é semelhante ao do das interfaces de Aquisição de Dados Médicos. Uma vez que estes profissionais necessitam de aceder a informação do sistema, recorrem aos Agentes de Pesquisa, que lhes disponibilizam informação com qualidade e de acordo com o pedido feito (Figura 4).

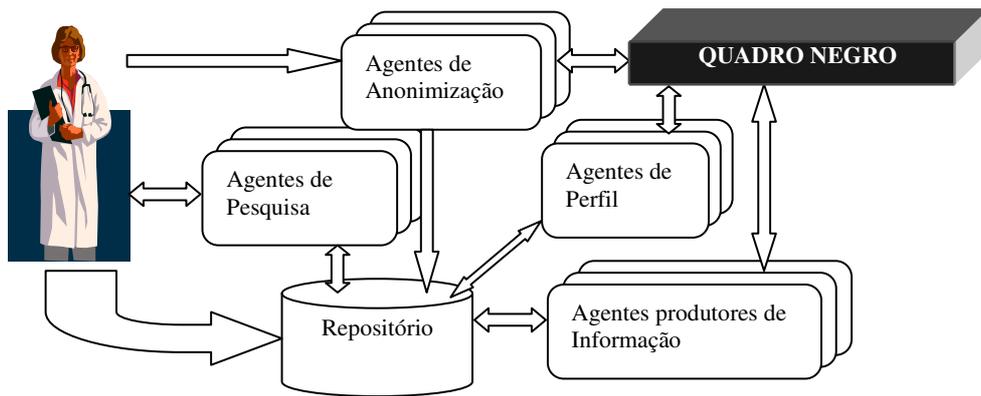


Figura 4. Interface dos Profissionais de Saúde

2.3.3 Interfaces de Recursos de Ensino

Os recursos de ensino têm a ver, essencialmente, com os professores que podem fornecer ao sistema novos conteúdos e/ou responder a questões colocadas pelos utilizadores. Os professores utilizam um agente de pesquisa para encontrar informação no sistema, a qual é, posteriormente, utilizada na produção de novos conteúdos. Os agentes de perfil são responsáveis por tratar da melhoria das interface disponíveis através da aprendizagem e análise das preferências de cada utilizador. Os Agentes de Interrogação tentam obter a melhor resposta para as questões colocadas (Figura 5).

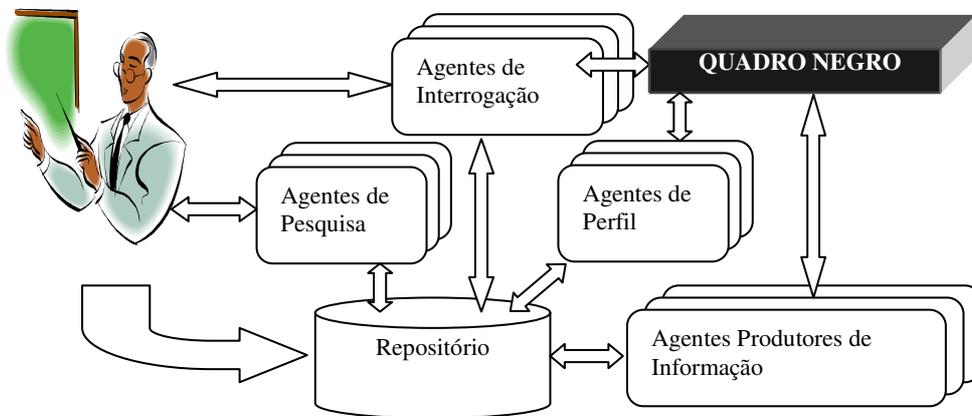


Figura 5. Interface dos Recursos de Ensino

2.3.4 Interfaces dos Utilizadores

Os utilizadores do sistema utilizam os Agentes de Pesquisa para obter roteiros de formação, conteúdos, testes, diagnóstico, exames, apenas para mencionar uns tantos. Poderão ainda fazer uso dos Agentes de Interrogação para colocar perguntas ao sistema e obter respostas. Os Agentes de Perfil podem ser usados pelos utilizadores para personalizar o sistema, embora estes estejam, a todo o momento, a tentar adaptar o comportamento do sistema aos perfis de utilização de cada utilizador (Figura 6).

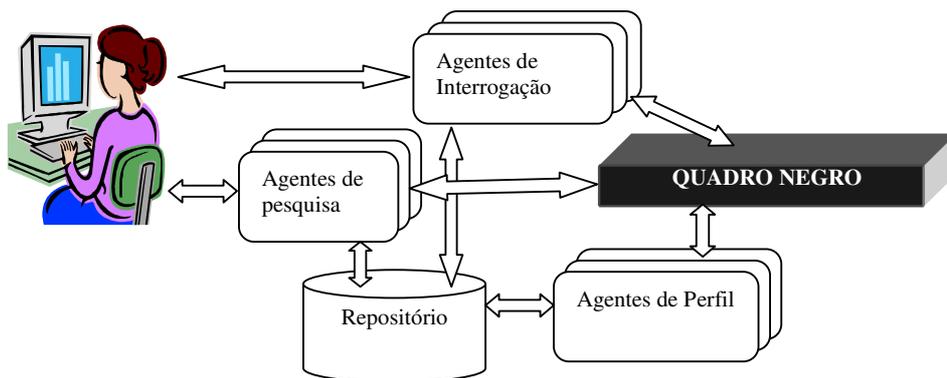


Figura 6. Interface dos Utilizadores

2.3.5 Sistema

A partir do esquema que se segue dá-se uma ideia do funcionamento do sistema na sua procura por um melhor desempenho. Os Agentes de Avaliação estão, permanentemente, a processar os registos compilados pelos Agentes de Perfil, sugerindo que se faça alteração de conteúdo nas interfaces aos Agentes Produtores de Informação. O estabelecimento de uma parceria com o utilizador é fundamental para o sucesso do sistema, tal como no ensino tradicional, onde os estudantes obtêm respostas dos docentes para as suas dúvidas (Figura 7).

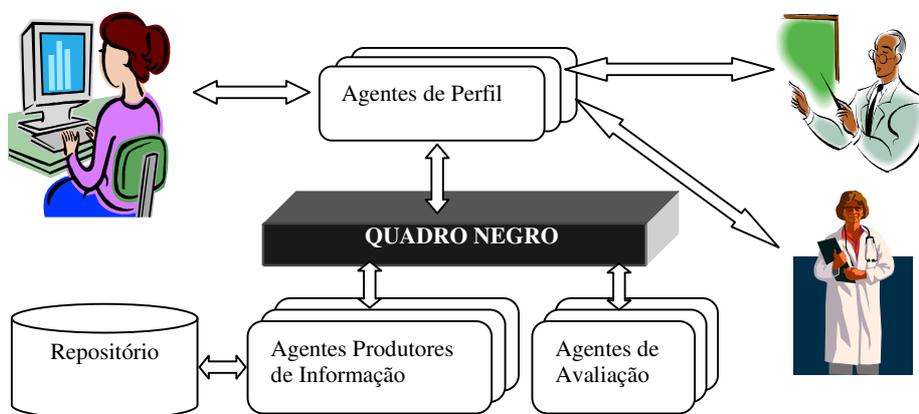


Figura 7. Adaptação de perfis pelo sistema Multi-agente

3 IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA MULTI-AGENTE

Para se atingirem os objectivos desejados, os sistemas electrónicos de apoio ao ensino médico devem cumprir requisitos bem definidos. Do lado da infra-estrutura computacional é necessário dispor de uma arquitectura cliente/servidor, onde uma SAN (Storage Area Network) trata do arquivo dos dados médicos (e.g., exames de imagiologia) e a Base de Conhecimento dos diversos agentes.

A rede informática deve permitir transferências rápidas de informação com baixa latência, para evitar tempos de espera. Do lado do cliente, a utilização de tecnologia da Internet irá garantir independência do sistema quanto à plataforma computacional seleccionada. Na Tabela 2, dá-se uma visão geral das tecnologias e ferramentas utilizadas.

Tabela 2. Tecnologias/ferramentas utilizadas no desenvolvimento

Tecnologia/ferramenta	Objectivos
<i>Oracle version 9</i> , Ferramentas: <i>WebDB</i>	Base de Dados Relacional
<i>Linux</i>	Sistema Operativo e implementação do Quadro Negro
<i>PHP para Oracle</i>	Programação <i>Web</i>
Apache	Servidor <i>Web</i>
<i>Adobe Acrobat (PDF)</i>	Formato da Documentação
<i>Java Servlets</i>	Programação <i>Web</i>
C (GTK)	Programação de Agentes
CGI and PERL	Programação de Agentes
Serviços DICOM	Arquivo, Envio e <i>Plug-in</i> com visualizador de imagem médica

A prioridade em termos de implementação foi direccionada para o campo da imagiologia médica, indo da aquisição e arquivo de exames até às interfaces para os utilizadores (e.g., médicos, professores e alunos). O sistema AIDA (Agência de Integração, Difusão, e Arquivo de Informação Médica [Alves,2001] [Abelha,2004]) (que está em funcionamento em várias unidades de saúde na região Norte de Portugal), foi a nossa opção para integração de dados, dados estes procedentes de diferentes aplicativos e de grande heterogenidade. O desenvolvimento do sistema tutorial teve origem na nossa intenção de transformar esse enorme repositório de informações em uma base de conhecimento para e-learning. Esta base de conhecimento tem potencial para se constituir como alicerce de um sistema de ensino na área médica suportado por uma rede digital.

3.1 Arquitectura Computacional

O sistema contempla, para além do já referido em epígrafe, um certo número de funcionalidades que lhe permitem ter um comportamento pró-activo, nomeadamente na detecção de situações críticas (e.g., falhas em equipamentos e/ou balanceamento de cargas), i.e., em termos de arquitectura computacional, houve que prover a sua escalabilidade e consolidação, de acordo com o que se apresenta a seguir (Figura 8):

- **Camada I** – Servidores de Aplicações *Web*, onde são geradas as interfaces dos utilizadores e é executado o software do sistema;
- **Camada II** – Servidores de Bases de Dados e de aplicações, onde é efectuada a aquisição e processamento dos dados médicos;
- **Camada III** – Servidores de Armazenamento, onde os dados são arquivados (e.g., imagens médicas, dados clínicos, relatórios, base de conhecimento).

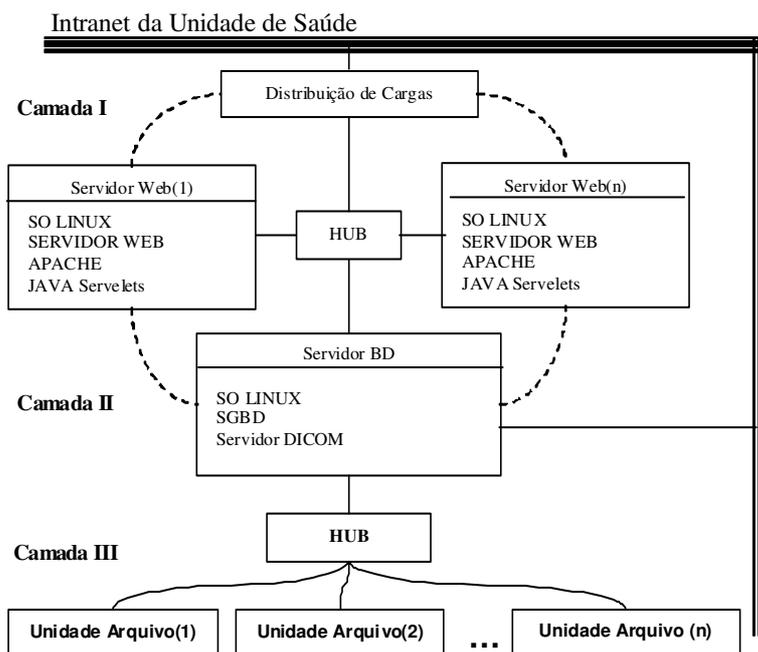


Figura 8. A arquitectura computacional de três camadas

3.2 Desenvolvimento do Sistema e Equipa do Projecto

Neste projecto tivemos a colaboração de quatro engenheiros de sistemas e informática nas tarefas de programação, um *designer* gráfico na concepção de interfaces, quatro técnicos de radiologia especializados nos diversos equipamentos de imagiologia (i.e., Tomografia Computorizada, RX Digital, Ressonância Magnética e Mamografia), três médicos (um Neuroradiologista e dois radiologistas), assim como alguns apoios por parte dos fabricantes de equipamento (e.g., o CIT - Centro de Imagiologia da Trindade é um local de referência da Hitachi).

O sistema foi testado e está sendo parcialmente utilizado no Hospital da Ordem da Trindade (Hospital) e na Universidade do Minho, no Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica.

Apesar do sistema ter sido concebido para uma utilização específica no campo do ensino médico, os sub-sistemas que implementa algumas das funcionalidades acabaram por ser utilizados em permanência pelas instituições envolvidas, nomeadamente em unidades prestadoras de cuidados de saúde e centros de diagnóstico (Figura 9).

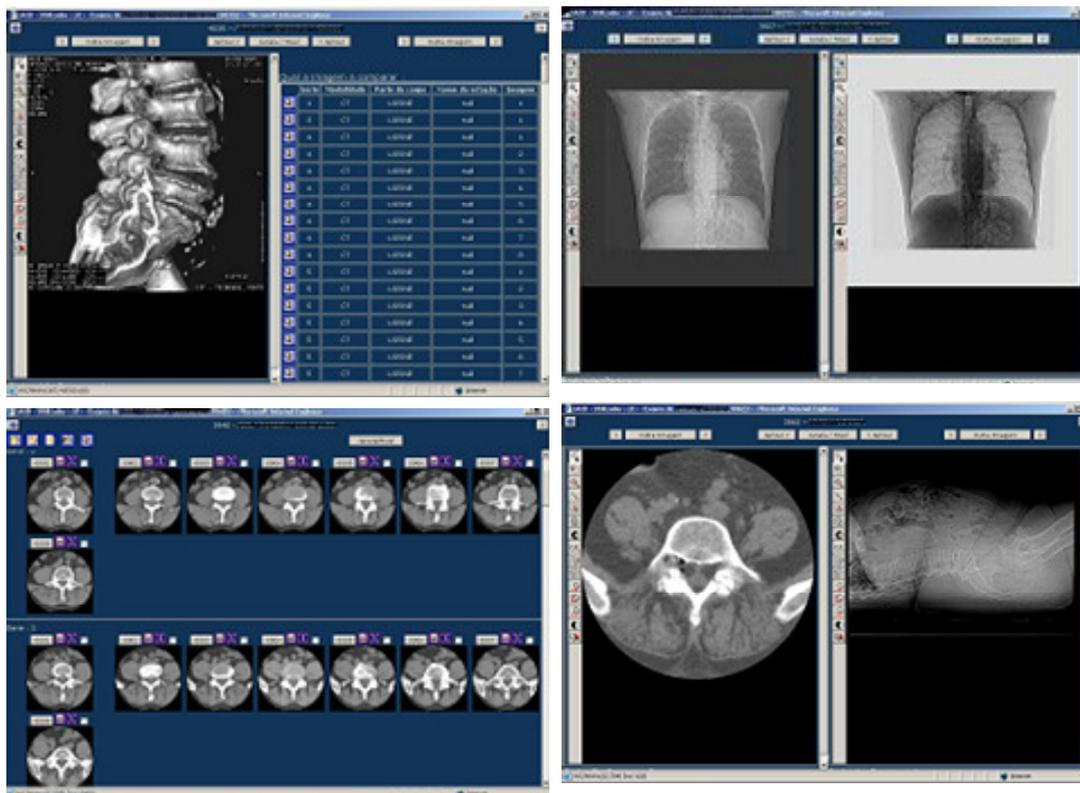


Figura 9. Aspecto das Interfaces

4 CONCLUSÕES

A ideia de que os sistemas informáticos devem ser capazes de se adaptarem às necessidades, tanto dos indivíduos, em termos do seu perfil, como das diferentes classes de utilizadores, é particularmente atractiva, embora pouco comum na prática. As aplicações iniciais de sistemas adaptativos foram algo decepcionantes, revelando-se o problema muito mais difícil de tratar do que o inicialmente previsto

Neste trabalho procuramos apresentar uma perspectiva unificadora de um sistema adaptativo, que facilita a integração de diferentes sub-sistemas. Na verdade, são utilizados os mais recentes avanços nas metodologias de resolução de problemas através de Agentes e SMA, quando aplicados ao desenvolvimento e implementação de sistemas de *e-learning*, neste caso na área médica.

Um dos factores chave que contribuiu para o sucesso deste projecto, passou pela participação na sua equipa de análise e desenvolvimento de software, de médicos (Neuroradiologistas e Radiologistas), de técnicos de radiologia, de centros de diagnóstico que disponibilizaram os dados (e.g., exames médicos), motivados para trabalhar em equipe.

Agradecimentos

Estamos em dívida para com o Centro Hospitalar do Tâmega e Sousa, EPE, a Radiconsult.com-Consultoria Informática e Radiologia, CIT-Centro de Imagem da Trindade, e Hospital da Ordem da Trindade, pela ajuda em termos de peritos, técnicos e disponibilização de equipamentos.

REFERÊNCIAS

- Abelha, A., Tese de Doutoramento, “Sistema Multiagente de Apoio ao Trabalho Cooperativo em Uniddes Hospitalares”, Departamento de Informática, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2004.
- Alves V., Tese de Doutoramento, “Resolução de Problemas em Ambientes Distribuidos – Uma Contribuição nas Áreas da Inteligência Artificial e da Saúde”, Departamento de Informática, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2002.
- Alves, V., Neves, J., Maia, M., Nelas, L., “Computer Tomography based Diagnosis using Extended Logic Programming and Artificial Neural Networks”. Actas do *International NAISO Congress on Information Science Innovations ISI2001*, Dubai, U.A.E., 2001a.
- Alves V., Neves J., Maia M., Nelas L., “A Computational Environment for Medical Diagnosis Support Systems”. *ISMDA2001*, Madrid, Espanha, 2001b.
- Bigus, J.P. & Bigus, J. “Constructing Intelligent Agents using Java”. NY: John Willey & Sons, 2001.
- Bradshaw, J. M. (Ed.) “Software agents”, Cambridge, MA: MIT Press, 1997.
- Burns, H. L., Parlett, J. W. & Redfield, and C. L. (Eds.). “Intelligent Tutoring Systems: Evolutions in Design”. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1991.
- Edwards, P., Bayer, D., Green, C. L., Payne, T., “Experience with Learning Agents which Manage Internet-Based Information”. *AAAI Spring Symposium on Machine Learning for Information Access*, AAAI Press, Menlo Park, CA, 1996, pp.31-40, 2001
- Faratin, P., Sierra C. and N. Jennings “Negotiation Decision Functions for Autonomous Agents” em *Int. Journal of Robotics and Autonomous Systems*, 24(3-4):159-182, 1997.
- Gauthier, G. , Frasson, C. & VanLehn, K. (Eds.). “Intelligent Tutoring Systems”, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1839, Berlin: Springer Verlag, 2000.
- Gruber, T.R. “The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases”, nas actas da *Second International Conference (KR’91)*, J. Allen, R. Filkes, and E. Sandewall (eds.), paginas 601-602 Cambridge, Massachusetts, USA, 1991.
- Hartley, D. E., “On-Demand Learning: Training in the New Millennium”. Boston, MA: HRD Press, 2000.
- Heinze, C., Papisimeon, M., and Goss, S., “Specifying Agent Behaviour with Use Cases, in Design and Applications of Intelligent Agents” – Actas da *Third Pacific Rim International Workshop on Multiagentes PRIMA 2000*, eds. C. Zhang and V. Soo, 128-142 (Lecture Notes in Artificial Intelligence, 1881) 2000.
- Hendler, J.A. (Ed.) “Intelligent Agents: Where AI meets Information Technology”, Special Issue, IEEE Expert, 1996.
- Machado, J., Tese de Doutoramento, “Agentes Inteligentes como Objectos de um Sistema Distribuido de Realidade Virtual”, Departamento de Informática, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2002.
- Maes, P., “Modeling Adaptive Autonomous Agents”, Artificial Intelligence Magazine, 1995.
- Maes, P., “Agents that Reduce Work and Information Overload”, Communications of the ACM, 1994.

Neves, J., Alves V., Nelas L., Maia M., and Cruz R. “A Multi-Feature Image Classification System that Reduces the Cost-of-Quality Expenditure”, Actas da *Second ICSC Symposium on Engineering of Intelligent Systems*, Paisley, Scotland, UK, pages 594-554, 2000.

Neves, J., Machado, J., Analide, C., Novais, P., and Abelha, A. “Extended Logic Programming applied to the specification of Multi-agent Systems and their Computing Environment”, Actas da *ICIPS'97 (Special Session on Intelligent Network Agent Systems)*, Beijing, China, 1997.

Rosenberg, M. J., “E-Learning: Strategies for Delivering Knowledge in the Digital Age”. New York: McGraw-Hill Professional Publishing, 2000.

Sleeman, D., & Brown, S. (Eds.). “Intelligent Tutoring Systems”. Computers and People Series. London: Academic Press, 1982.

Weiss, G. (Ed.), “Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence”. Cambridge, MA: MIT Press, 1999.

Wooldridge, M., “Introduction to MultiAgent Systems”, 1ª edição, John Wiley & Sons, Chichester, 2002.