

**PERSPECTIVAS DA UTILIZAÇÃO DA INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL
MÉDICA A PARTIR DAS REDES BAYESIANAS E AGENTES TUTORES NO
ENSINO DE LOMBALGIA**

**Prospects for medical use of computational intelligence from bayesian
networks agents and tutors in lumbago teaching**

Priscyla Waleska Targino de Azevedo Simões^{1,2,3}, Merisandra Côrtes de Mattos Garcia^{1,2}, Rita Suselaine Vieira Ribeiro⁴, Maria Inês da Rosa^{2,3,5}, Ricardo Luiz de Bittencourt⁵, Gustavo Pasquali Moretti^{1,2}, Robson Luiz dos Santos³, Cristian Cechinel^{1,6}

¹Grupo de Pesquisa em Tecnologia da Informação e Comunicação na Saúde – Grupo de Pesquisa em Inteligência Computacional Aplicada - Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC.

²Laboratório de Epidemiologia da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC; Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Translacional em Medicina.

³Curso de Medicina da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC.

⁴Curso de Nutrição da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC.

⁵Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC.

⁶Curso de Engenharia da Computação da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA.

Endereço para Correspondência:

* Priscyla Waleska Targino de Azevedo Simões; Av. Universitária, 1105, Criciúma – SC – Bairro Universitário, CEP – 88806-000.

Telefone: +55 (48) 3431-2641

E-mail: pri@unesc.net

Resumo

Este artigo apresenta a concepção do Sistema de Apoio ao Ensino do Diagnóstico Etiológico de Lombalgia, e sua abrangência na educação médica. Trata-se de um estudo de natureza aplicada (tecnológica) descritivo, transversal, de campo e laboratório. Foram descritas as etapas inerentes ao processo de desenvolvimento do aplicativo e as técnicas de Inteligência Computacional utilizadas, com destaque para as redes bayesianas na modelagem da base de conhecimento, e os agentes inteligentes como mediadores do processo de construção do conhecimento sobre Lombalgia. A partir das etapas finalizadas, o *software* foi considerado satisfatório pelo especialista do domínio de aplicação. As próximas etapas deste projeto buscam avaliar a sensibilidade e especificidade da rede bayesiana, e analisar a contribuição deste modelo computacional no apoio ao ensino de lombalgia na atividade específica de Ortopedia no curso de Medicina da Universidade do Extremo Sul Catarinense.

Palavras-chave: Aprendizagem Baseada em Problemas; Inteligência Computacional; Educação Médica; Redes Bayesianas; Informática Médica.

Abstract

This paper presents the design of the System of Support for the diagnosis of education Low Back Pain, its coverage in medical education. This is an applied study (technological) descriptive, transversal, field and laboratory. We described the steps involved in the development process of the application, and Computational Intelligence techniques used, with emphasis on Bayesian networks in modeling the knowledge base, and intelligent agents as mediators of the construction of knowledge about Low Back Pain. From the steps completed, the software was considered satisfactory by the expert in field of application. The next stages of this project seek to evaluate the sensitivity and specificity of the Bayesian Network, and analyze the contribution of this computational model to support the teaching of Low Back Pain in the specific activity of Orthopedics in the course of Medicine in Universidade do Extremo Sul Catarinense.

Keywords: Problem Based Learning; Medical Computacional Intelligence; Medical Education; Bayesian Networks.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da Tecnologia da Informação e Comunicação ao longo dos anos fez com que surgissem várias áreas de pesquisa para melhor aplicar a computação, dentre as quais pode-se destacar a Inteligência Computacional (IC) baseia-se na capacidade humana de resolver problemas, de pensar e raciocinar (Russell e Norvig, 2004).

Com a evolução e aperfeiçoamento das técnicas de IC e da ciência cognitiva, a inteligência começou a ser introduzida nos sistemas educacionais buscando oferecer subsídios à prática pedagógica no apoio às estratégias de ensinagem. Por meio das estratégias aplicam-se ou exploram-se os meios (como os ambientes computacionais de apoio ao ensino), jeitos e formas de evidenciar o pensamento, respeitando as condições favoráveis para executar ou fazer algo. “Estes meios ou formas comportam determinadas dinâmicas, devendo considerar o movimento, as forças e o organismo em atividade” (Anastasiou e Alves, 2005, p. 70).

Esses sistemas passaram então a incorporar o paradigma de agentes para explorar a interação e a dinâmica nos ambientes de aprendizagem (Giraffa, 1999). Nesses ambientes, os agentes inteligentes ganharam nova definição e passaram à denominação de agentes pedagógicos.

O que difere um agente inteligente de um sistema computacional comum é a sua capacidade de decidir, pois seu mecanismo de raciocínio permite ao agente escolher como atuar, seguindo uma agenda de objetivos, um perfil e um ambiente de atuação (Figura 1).

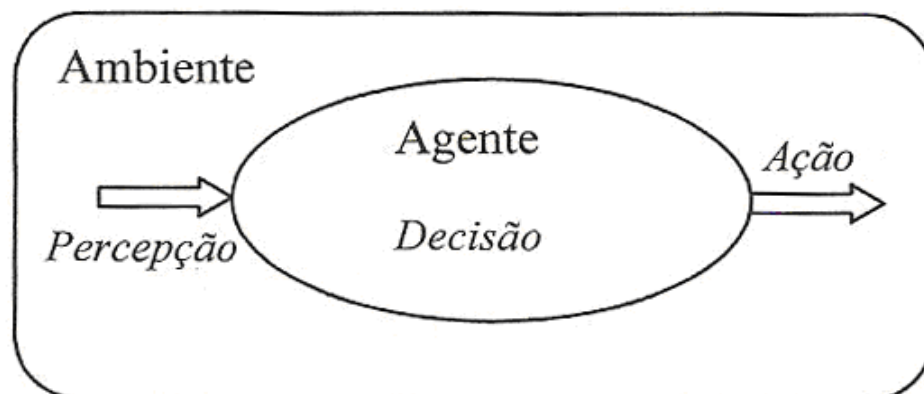


Figura 1. Arquitetura de um agente. Fonte: Costa e Simões (2004).

Essa capacidade de decidir é que torna o agente inteligente apto a ser utilizado no processo de análise de uma situação e na escolha de respostas para esta, ou seja, representando uma boa alternativa a ser utilizada nos processos de ensino-aprendizagem. Nesse contexto, o tutor, um tipo de agente pedagógico, é responsável na área educacional por apresentar e instruir o conhecimento aos estudantes (Giraffa e Viccari, 1998).

Entre as grandes áreas do conhecimento, na saúde costumam ser experimentadas e vivenciadas metodologias de ensino que privilegiem a participação ativa do estudante na construção do seu conhecimento, integração entre os conteúdos estudados e avaliação do aprendizado, além de imagens e sons que se tornam fundamentais para o diagnóstico médico.

As metodologias ativas buscam a partir da concepção cognitivista propiciar a construção contínua do conhecimento, considerando que “a passagem de um estado de desenvolvimento para o seguinte é sempre caracterizada por formação de novas estruturas que não existiam anteriormente no indivíduo” (Mizukami, 1986, p. 63).

Dentre os métodos ativos de ensino-aprendizagem existentes, o *Problem Based Learning* (PBL) também denominado de Aprendizado Baseado em Problemas (ABP). Trata-se de um método de ensino utilizado nas faculdades de medicina (além de outras áreas de conhecimento) em diversos países, como o Canadá, Brasil e Holanda, entre outros. Com o ABP, o estudante aprende a resolver problemas a partir de casos clínicos que simulam situações reais do cotidiano médico. Nesse processo há a reunião do método na sessão tutorial e também no aluno, desafiando o estudante à construção de conhecimento, no qual cada um aprende no seu próprio ritmo ou em grupo (Martins, 2002).

Nesse sentido, os agentes inteligentes representam uma boa solução à questão da interação, podendo desempenhar o comportamento de mediador do processo de aprendizagem. Assim, o agente tutor pode interligar o ambiente de ensino e o aluno.

Segundo Sternberg (2000), o uso de agentes tutores melhora o desempenho no processo de ensino-aprendizagem pelos alunos que utilizam esses ambientes em comparação à metodologia tradicional. Um ambiente dotado de um objeto capaz de

interagir com um estudante e orientá-lo é mais suscetível ao sucesso no processo de ensino-aprendizagem em comparação àquele que apenas disponibiliza conteúdo e o deixa à disposição do aluno. Desta forma, é importante que a máquina e os sistemas (*hardware* e *software*) sejam vivenciados em contextos educativos práticos, provocativos e inovadores também na área da saúde.

Essa característica do agente tutor é que o torna tão relevante e adequado em um processo em que se deseja um acompanhamento próximo, constante e supervisionado, pois tal tecnologia pode instruir e incentivar usuários ou grupos de usuários na busca informações para a resolução de problemas.

Para oferecer subsídio tecnológico de apoio ao ABP, método utilizado no curso de graduação em Medicina da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), os cursos de Medicina e Ciência da Computação desta instituição vêm desenvolvendo alguns aplicativos de apoio ao ensino para utilização nas atividades modulares específicas, e dentre estes projetos encontra-se o Sistema de Apoio ao Ensino do Diagnóstico Etiológico de Lombalgia (SELO). Este software é baseado em algumas técnicas da Inteligência Computacional em específico, no agente tutor e na Rede Bayesiana (RB).

A partir da problemática apresentada, este artigo tem como objetivo descrever a concepção do Sistema de Apoio ao Ensino do Diagnóstico Etiológico de Lombalgia, sua abrangência na educação médica, e utilização no curso de Medicina da UNESC.

Redes Bayesianas

Os sistemas baseados em conhecimento representam uma das áreas de desenvolvimento mais bem sucedidas no campo da IC, com destaque para as Redes Bayesianas.

As Redes Bayesianas são modelos de representação de dependências entre variáveis de uma distribuição conjunta de probabilidades, modeladas a partir de um grafo direcionado acíclico, no qual os nós representam as variáveis aleatórias da distribuição e os arcos, os relacionamentos entre essas variáveis. Grafos acíclicos ou sem circuitos são representações gráficas direcionais formadas por vértices e

arestas. Onde os vértices representam os nós e as arestas os arcos, estes possuem um nó inicial (*i*) e um nó final (*f*). São ditos acíclicos, pois a partir do nó *i* pode-se seguir mais de um caminho levando-o ao nó *f* dependendo de sua entrada do sistema. Ele é orientado de acordo com a entrada do sistema e das ligações entre os nós (Boaventura Netto, 2003). A relação entre arcos e variáveis contempla as dependências causais pertinentes (Luna, 2004; Williamson, 2005; Nassar, 2009).

Esta técnica fornece um modelo matemático que expressa causalidade explorando as relações de independência entre as variáveis do domínio de aplicação e possibilita a fatorização da distribuição de probabilidades conjuntas. Esta distribuição permite responder a diversas questões sobre um domínio de dados, no entanto, sua dificuldade de representação aumenta em função do número de variáveis.

Como exemplo destas redes pode-se citar a definição do grupo sanguíneo de uma pessoa, no qual o fator RH dos pais combinados geram o tipo sanguíneo dos filhos. Assim, os dados dos pais influenciam diretamente na descendência dos filhos conforme ilustra a Figura 2.

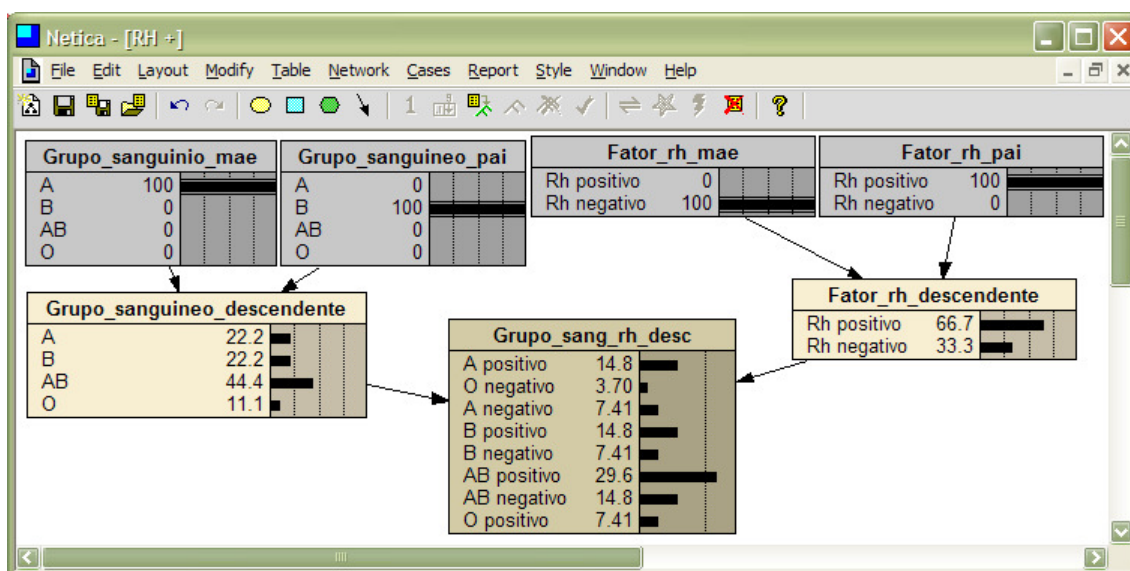


Figura 2. Exemplo de Rede Bayesiana. Fonte: Farias (2001).

Agentes Tutores

Segundo Dowling (2000), os agentes pedagógicos são agentes autônomos que apóiam o aprendizado humano usando para isso interações com os estudantes (usuários) no contexto de ambientes de aprendizado interativos.

Dentre os agentes pedagógicos, o tutor representa a entidade cuja finalidade visa a de comunicação com o estudante a fim de cumprir sua função de tutor, como parte de uma missão pedagógica do sistema. Dessa forma, sua utilização não substitui de forma alguma a presença do professor, mas exibe uma segunda fonte de ajuda e instrução durante as aulas (Giraffa, 1999).

Lombalgia

A lombalgia é uma das alterações músculo esqueléticas mais encontradas nas sociedades industrializadas (Mooney et al., 2007). Constituindo uma causa frequente de morbidade e incapacidade, sendo superada somente pela cefaléia quando se trata de distúrbios dolorosos que afetam o homem. Quando do atendimento primário realizado por médicos não-especialistas, para apenas 15% das lombalgias e lombociatalgias, se encontra uma causa específica (AV et al., 2009).

Cerca de 60% a 90% dos indivíduos apresentam sintomas de dor lombar em algum período de sua vida (Sakata e Issy, 2004). Aproximadamente 95% dos casos de dor lombar não são específicos, e condições sérias são causas raras de dor lombar (March et al, 2009).

A importância da dor nas costas e no pescoço em nossa sociedade é ressaltada pelo seguinte: (1) nos EUA, estima-se que o custo da dor nas costas situa-se entre 20 e 50 bilhões de dólares por ano, (2) os sintomas relacionados com o dorso são a causa mais comum de incapacidade em pacientes abaixo de 45 anos de idade, (3) a lombalgia é a segunda razão mais comum para consultas médicas nos EUA e (4) cerca de 1% da população norte-americana tem incapacidade crônica devida à dorsalgia (Engstrom, 2005, p. 101).

Noventa por cento dos casos de lombalgia são resolvidos espontaneamente entre seis a doze meses (Caraviello et al., 2005).

DESCRIÇÃO DO APLICATIVO

O Sistema de Apoio ao Ensino e Diagnóstico de Lombalgia é um projeto de natureza tecnológica dos cursos de Ciência da Computação e Medicina da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), desenvolvido desde 2001.

É um aplicativo composto por uma base de conhecimento representada a partir de redes bayesianas, onde estão armazenadas as doenças mais prevalentes relacionadas à lombalgia. A base de conhecimento é o local responsável por armazenar as informações necessárias para a resolução dos problemas a que o sistema se propõe sendo estas desde uma base de regras até as considerações feitas pelo especialista (Rezende, 2005).

O projeto iniciou com a concepção da rede bayesiana desenvolvida por Scussel (2001) com os principais sintomas e sinais relacionados à lombalgia. A aquisição de conhecimento para a explicitação da parte quantitativa e qualitativa da RB foi realizada por meio de entrevistas com um especialista em Ortopedia, docente do curso de Medicina da Universidade do Extremo Sul Catarinense.

A etapa inicial de desenvolvimento do sistema ocorreu em forma de entrevistas desestruturadas para a análise e troca de opiniões entre o especialista e o engenheiro de conhecimento, com a finalidade de estabelecer a metodologia e o domínio de aplicação a serem adotados no desenvolvimento do sistema. Engenheiro do conhecimento é a pessoa responsável pela criação da base de conhecimento do sistema, é ele o responsável por absorver o conhecimento do especialista e inseri-lo no Sistema Especialista (Fernandes, 2003). No segundo momento do processo de aquisição do conhecimento foi feita a identificação das patologias que cursam com lombalgia e a seleção das que acontecem em maior prevalência na população: Espondilite Ancilosante, Artrite (osteoartrite, osteoartrose), Artrite Reumatóide, Espondilolistese, Hérnia Discal e Lombalgia por causa Muscular.

Após essa etapa foram definidos os principais sinais e sintomas também estabelecidos por meio de entrevistas com o especialista do domínio de aplicação relacionados ao diagnóstico (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição e Estados dos Nós.

Descrição dos Nós	Estados dos Nós
Idade	20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, >70
Sexo	Masculino, Feminino
Quadro Álgico	O De Quatro, Um Mês Uma
Hábitos_de_Vida	Esporte mais, Não pratica
Sedentarismo	Positivo, Negativo
Trabalho_Pesado	Positivo, Negativo
Clima	Positivo, Negativo
Reflexos	Sim, Não
Defict_motor	Sim, Não
Sensibilidade	Sim, Não
Diminuição_Sensibilidade	Sim, Não
Dor_Paravertebral	Sim, Não
Cm_Esquios_Tibias	Sim, Não
Cm_Paravertebral	Sim, Não
Trajeto_Ciatico	Sim, Não
Defict_Sensitivo	Positivo, Negativo
Parestesia	Sim, Não
Presença_de_Trauma	Sim, Não
Dor_Irradiada	Para Coxa, Para Perna
Dor	Aguda, Insidiosa
Dim_forca	Sim, Não
Histórico_familiar	Positivo, Negativo

Fonte: Scussel (2001).

Ao final desta etapa, foram levantadas as probabilidades condicionais (PC) relacionadas aos sinais, sintomas e hipóteses diagnósticas (Figura 3). As PCs também foram definidas por meio de entrevistas com o especialista médico.

Node: **Presença_de_Trauma** ▼ **Apply** **Okay**

Chance ▼ **% Probability** ▼ **Reset** **Close**

Lombalgia	Sim	Nao
Artrite	10.000	90.000
Hernia Discal	20.000	80.000
Espondilite Anquilosante	10.000	90.000
Artrite Reumatoide	10.000	90.000
Espondilolistese	50.000	50.000
Lombalgia Muscular	90.000	10.000
Outras	50.000	50.000

Figura 3. Exemplo de probabilidades condicionais. Fonte: Scussel (2001).

A Rede Bayesiana (Figura 4) resultante desta etapa do projeto foi desenvolvida utilizando a Shell Netica (Ferramenta para desenvolvimento de redes bayesianas disponível para download em <http://www.norsys.com>), que possui uma interface de fácil utilização e proporciona um ambiente de desenvolvimento para o raciocínio probabilístico (redes bayesianas) como forma de representação do conhecimento adquirido a partir de entrevistas semanais com o especialista da área ortopédica, pesquisas bibliográficas e bibliografia científica especializada.

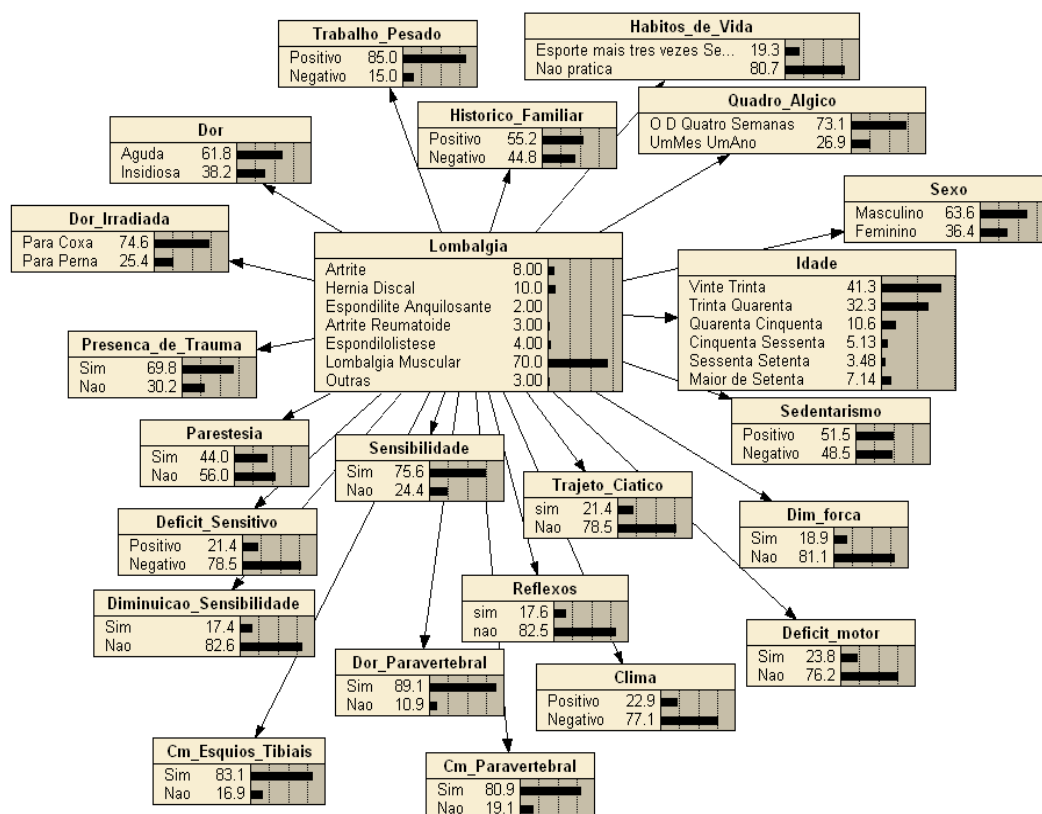


Figura 4. Rede Bayesianas do SELO. Fonte: Scussel (2001).

Dando continuidade ao trabalho de Scussel (2001), Goularte (2003) desenvolveu uma interface gráfica para a rede bayesiana supracitada a partir dos seguintes aspectos ergonômicos: facilidade de uso, interface amigável, adaptabilidade, e documentação.

Na terceira etapa de desenvolvimento do projeto, Goulart (2007) elaborou um agente assistente para utilização no SELO, possibilitando a interatividade entre o sistema e o estudante no processo de ensino-aprendizagem a partir da utilização de

um objeto animado que é ativado no aplicativo no momento que alguma inconsistência é realizada no aplicativo, possibilitando ao usuário obter mais informações a respeito do assunto em questão. Agentes assistentes são personalidades virtuais agindo de acordo com um script definido (diretamente ou indiretamente) por um usuário, e oferecem um tipo de tratamento individualizado por meio de um sistema que pode raciocinar sobre o domínio do conhecimento e sobre o aluno (Rezende, 2005).

Na quarta etapa de desenvolvimento do projeto, Valdati (2008) elaborou um agente tutor, disponibilizou o aplicativo para utilização em ambientes multiplataforma e melhorou o objeto gráfico utilizado para interação com o usuário. Para utilização em variados sistemas operacionais (Tanenbaum, 2003).

Durante a construção do SELO, Scussel (2001), Goularte (2002), Goulart (2007) e Valdati (2008) procuraram possibilitar ao acadêmico um ambiente rico em informações, de fácil navegabilidade e com o mínimo de obstáculos que viessem impedir a construção do conhecimento no processo de ensino-aprendizagem sobre lombalgia.

Processo de construção do conhecimento com o SELO

O acadêmico tem acesso ao sistema e fica a seu critério o preenchimento de todos os dados passo-a-passo ou de forma aleatória. O aprendizado pode ser realizado a partir da interação do usuário com o sistema na busca de um diagnóstico correto.

A figura 5 ilustra a tela principal do aplicativo que foi implementada na linguagem JAVA a fim de oferecer acesso multiplataforma. Disponível em para download em <http://www.netbeans.org>. É possível observar na parte superior do aplicativo um menu para carregar a rede bayesiana no aplicativo, para mostrar o diagnóstico, gravar o resultado do diagnóstico no banco de dados, além da opção de ajuda.

Na seção localizada à esquerda do SELO, o primeiro botão exibe as opções de visualização do diagnóstico realizado pelo sistema. Em seguida, a interface oferece um botão representado por ponto de interrogação que serve para ao módulo

de ajuda do SELO. O botão com uma folha branca e um (i) é responsável por carregar a rede bayesiana. Os dois botões seguintes exibem ou não o diagnóstico encontrado pelo SELO. O último botão é responsável por reiniciar um diagnóstico, devendo ser utilizado quando o usuário fizer alguma seleção incorreta ou quando o agente tutor sugerir (Valdati, 2008).

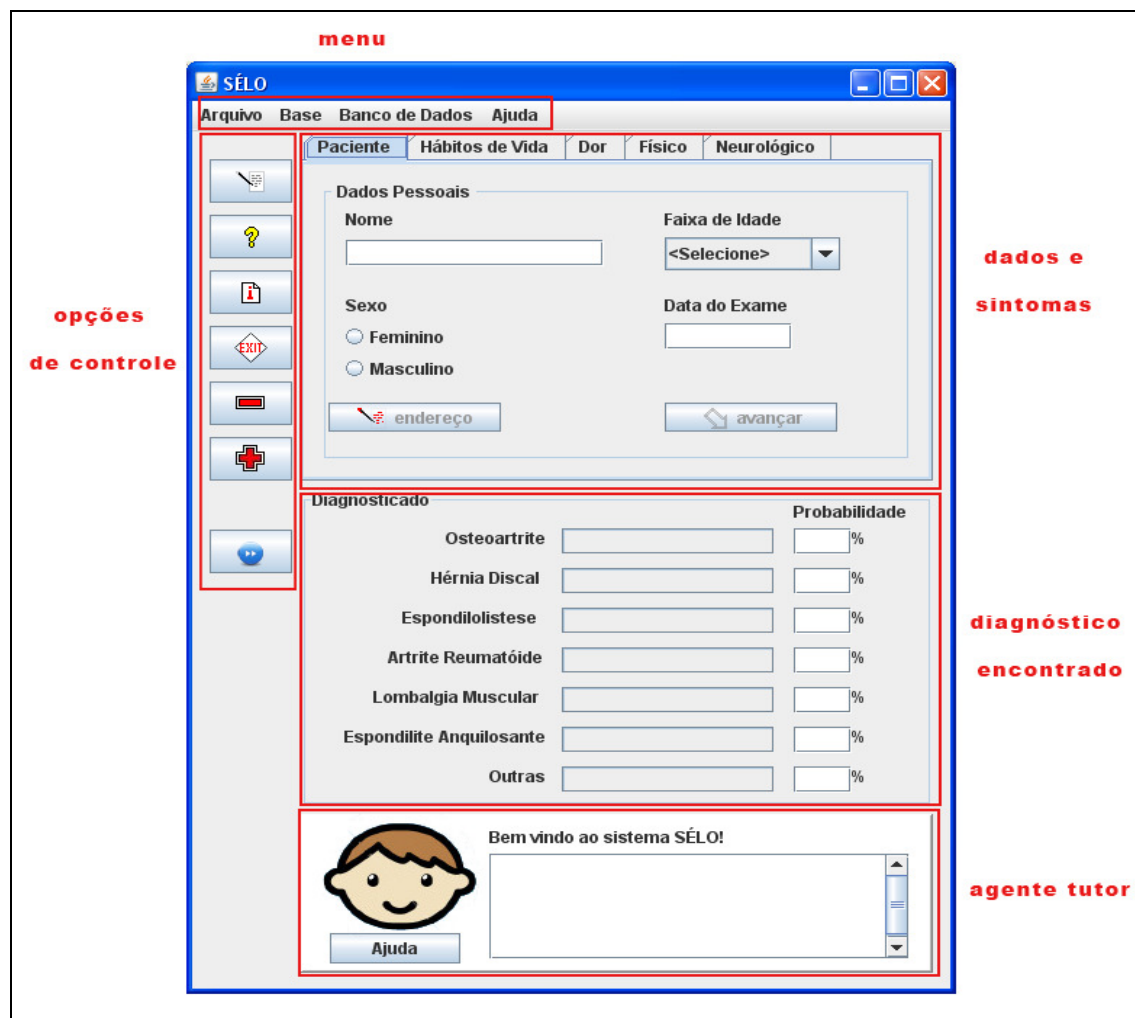


Figura 5. Estrutura do SELO. Fonte: Valdati (2008).

Na parte direita do sistema notam-se as abas com os sintomas a serem escolhidos, dois botões de navegação e um botão para mostrar ou ocultar a tela de cadastro dos dados de endereço do paciente. Ainda na parte direita, os diagnósticos encontrados pelo SELO são exibidos a partir de barras de progressão capazes de medir a probabilidade que um paciente tem de apresentar determinada doença. O último item da tela principal do SELO é o agente tutor (desenho imitando o rosto de

uma criança), e uma caixa de sugestões do agente tutor e um botão de ajuda conforme ilustra a Figura 5.

O agente tutor (figura 6) é representado pela figura de uma criança, e do seu lado tem-se uma linha de texto que serve de saída das sugestões do tutor, abaixo há uma caixa de texto com uma breve explicação sobre a doença em questão. A Figura 7 ilustra o agente em execução, ao perceber que o usuário selecionou alguns sintomas inconsistentes, sua fisionomia se altera, passando a ficar com um aspecto de tristeza, com o alerta de e sugestão para acesso ao módulo de ajuda (VALDATI, 2008).

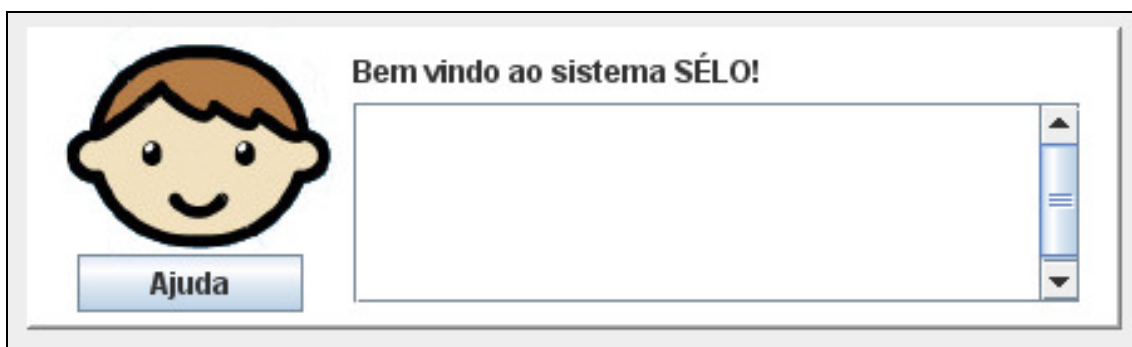


Figura 6. Objeto animado que representa o agente tutor. Fonte: VALDATI (2008).

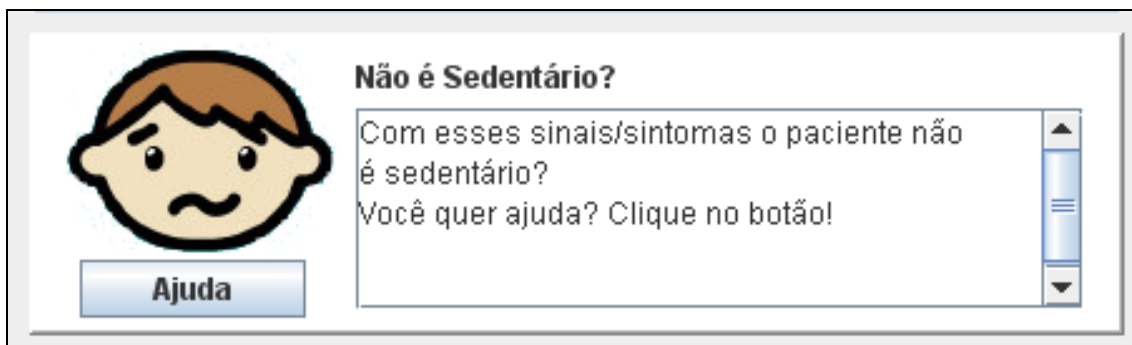


Figura 7. Agente instruindo o usuário. Fonte: Valdati (2008).

A função principal do agente tutor neste ambiente visa mediar o processo de construção de conhecimento ao aluno atuando na zona de desenvolvimento proximal proposta por Vygotsky (Oliveira, 2002), corrigindo-o e apontando a ajuda quando desempenhar alguma inconsistência, além de ações de incentivo ao usuário (Figura 8).

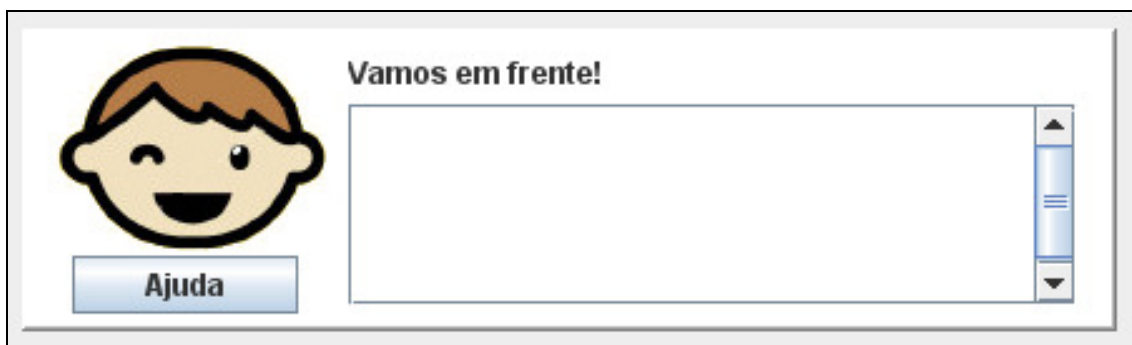


Figura 8. Agente incentivando o aluno. Fonte: Valdati (2008).

A Figura 9 ilustra o módulo de ajuda do aplicativo, nela temos um menu acima, com opções de impressão e atualização para a página principal, um menu na esquerda com o conteúdo de ajuda e a direita um espaço onde o conteúdo selecionado é exibido. Existem três botões acima do menu esquerdo, o primeiro já se encontrando selecionado exibe o menu de itens de conteúdo, o segundo exibe um índice e o terceiro um sistema de busca por palavras específicas nos conteúdos (Valdati, 2008).

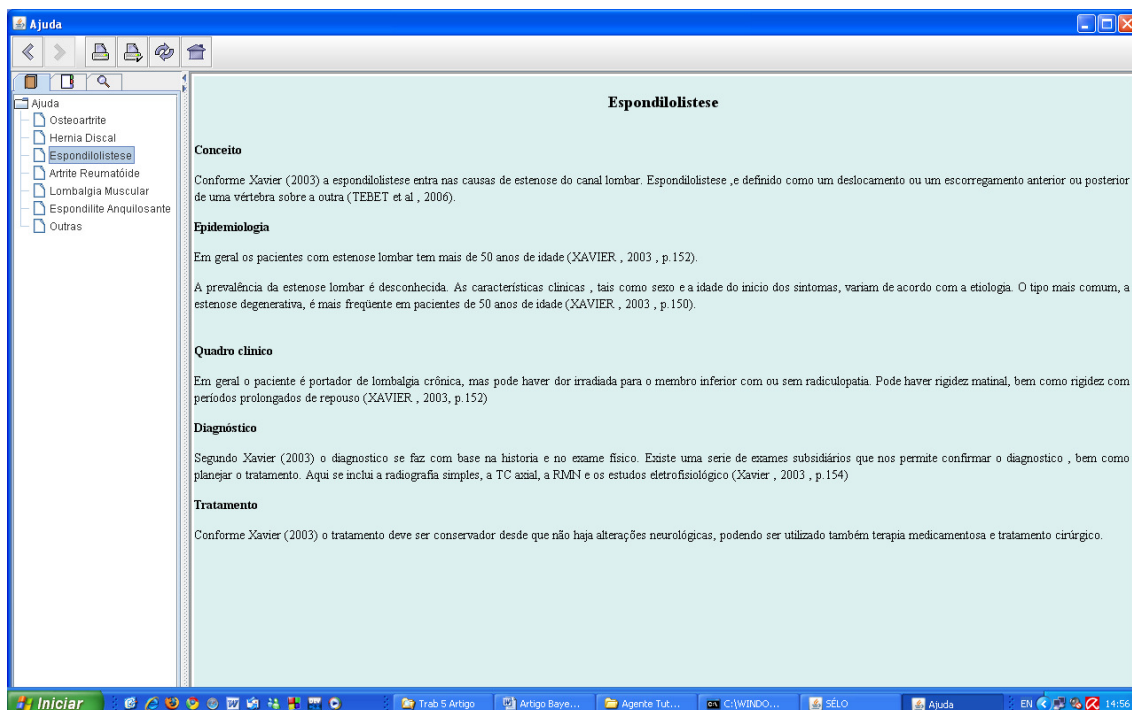


Figura 9. Ajuda do SELO. Fonte: Valdati (2008).

CONCLUSÃO

Atualmente a área da educação vem experimentando novas formas de disponibilizar e fazer com que o aluno assimile conhecimento na sala de aula. O uso do computador é uma realidade e aplicações voltadas para essa área vêm sendo desenvolvidas com sucesso.

Neste contexto, este artigo apresentou as etapas concluídas e inerentes ao processo de desenvolvimento do Sistema de Apoio ao Ensino e Diagnóstico de Lombalgia, projeto em desenvolvimento pelo Grupo de Pesquisa em Inteligência Computacional Aplicada com atuação interdisciplinar de docentes e discentes dos cursos de Ciência da Computação e Medicina da UNESC.

Foram apresentadas as técnicas de Inteligência Computacional utilizadas, com destaque para as redes bayesianas na modelagem da base de conhecimento, e os agentes inteligentes como mediadores do processo de construção do conhecimento sobre Lombalgia.

A partir das etapas finalizadas, o *software* foi considerado satisfatório pelo especialista do domínio de aplicação, visto que de forma subjetiva atendeu os objetivos propostos pelo especialista médico. Assim, as próximas etapas deste projeto buscam avaliar a sensibilidade e especificidade da rede bayesiana, e utilizar o *software* na atividade específica de Ortopedia do curso de Medicina da UNESC, a fim de analisar a contribuição deste modelo computacional para a educação médica.

REFERÊNCIAS

Anastasiou LGC; Alves LP; Pessate L. Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula. 5ª ed. Joinville: Universidade da Região de Joinville, 2005. 144 p.

Brazil AV et al. Diagnóstico e tratamento. Disponível em: <http://www.projetodiretrizes.org.br/projeto_diretrizes/072.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2009.

Boaventura Netto PO. Grafos: teoria, modelos, algoritmos. 4ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2008. 313 p.

Caraviello EZ et al. Avaliação da dor e função de pacientes com lombalgia tratados com um programa de escola de coluna. *Acta Fisiatria* 2005; 12(1): 11-14.

Costa E; Simões A. Inteligência artificial: fundamentos e aplicações. 2ª ed. Lisboa: FCA, 2004. 640 p.

Dowling C. Intelligent pedagogical agents in on line learning environments. In: Conference on educational uses of information and communication technologies. Proceedings. Beijing, China, 2000. Disponível em: <<http://www.ifip.or.at/con2000/iceut2000/iceut02-03.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2009.

Engstrom JW. Dor nas Costas e no Pescoço. In: Braunwald E et al. *Medicina Interna: Harrison*. Rio de Janeiro: Mcgraw-hicc; 2005. p. 82-93.

Giraffa LMM. Uma Arquitetura de tutor utilizando estados mentais. 1999. 177 f. [Tese]. [Porto Alegre]: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre; 1999.

Giraffa LMM; Vicari RM. The use of agent techniques on intelligent tutoring systems. In: IV Congresso Iberoamericano de Informática Educativa, 1998. Papers. Brasília, 1998. Disponível em < <http://lsm.dei.uc.pt/ribie/docfiles/txt200342413856156.PDF>>. Acesso em: 01 jun. 2009.

Goulart JP. Agente assistente no sistema de apoio ao ensino e diagnóstico etiológico de lombalgia. [TCC]. [Criciúma]: Universidade do Extremo Sul Catarinense; Criciúma. 2007.

Goularte FB. Sistema especialista probabilístico de apoio ao diagnóstico etiológico de lombalgia. [TCC]. [Criciúma]: Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. 2003.

Luna JEO. Algoritmos EM para aprendizagem de redes bayesianas a partir de dados incompletos. [Dissertação]. [Mato Grosso do Sul]: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul, 2004.

March Lyn et al. Evidence-based management of acute musculoskeletal pain: a guide for clinicians. Disponível em <http://www.nhmrc.gov.au/publications/synopses/_files/cp95.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2009.

Martins JG. Aprendizagem baseada em problemas aplicada a ambiente virtual de aprendizagem. 2002. [Tese] [Florianópolis]; Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

Mizukami MGN. Ensino: as abordagens do processo. 1ª ed. São Paulo: EPU, 1986.

Mooney V; Saal JA; Saal JS. Avaliação e Tratamento da dor lombar. Clinical Symposia 2007; 48(4): 01-36.

Nassar SM. Tratamento de Incerteza: sistemas especialistas probabilísticos. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~silvia/disciplinas/sep/MaterialDidatico.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2009.

Oliveira, MK de. Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico. 4ª ed. São Paulo: Scipione, 2002.

Russell SJ; Norvig P. Inteligência artificial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

Sakata RK; Issy AM. Dor: guias de medicina ambulatorial e hospitalar UNIFESP/ Escola Paulista de Medicina. São Paulo: Manole, 2004.

Scussel T. Base de conhecimento para um sistema especialista probabilístico de apoio ao diagnóstico etiológico da lombalgia. [TCC]. [Criciúma]: Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. 2001.

Sternberg RJ. Psicologia cognitiva. Porto Alegre: Artmed, 2000.

Valdati LP. Desenvolvimento de um agente tutor em um sistema de apoio ao ensino e diagnóstico de lombalgia. [TCC]. [Criciúma]: Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. 2008.

Williamson J. Bayesian nets and causality: philosophical and computational foundations. New York, USA: Oxford University Press, 2005.

Fernandes AMR. Inteligência artificial: noções gerais. Florianópolis: Visual Books, 2003. p. 160.

Rezende SO. Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações. Barueri: Manole, 2005.

Tanenbaum AS. Redes de computadores. Rio de Janeiro: Campus, 2003.