



**Descrição de um Simulador Baseado em Redes  
Bayesianas como Método de Avaliação do  
Aprendizado de Diretrizes Clínicas em Ensino a  
Distância para Medicina de Família e Comunidade**

**Autor: João Marcelo Lopes Fonseca  
Orientadora: Prof. Dra. Cecília Dias Flores**

**2013**

Área de concentração:  
Educação e Informática em Saúde

**João Marcelo Lopes Fonseca**

**Descrição de um Simulador Baseado em Redes  
Bayesianas como Método de Avaliação do  
Aprendizado de Diretrizes Clínicas em Ensino a  
distância para Medicina de Família e Comunidade**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Fundação Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Saúde.

Orientadora: Profa. Cecília Dias Flores

Porto Alegre  
Junho de 2013

Fonseca, João Marcelo Lopes

Descrição de um simulador baseado em redes bayesianas como método de avaliação do aprendizado de diretrizes clínicas em ensino a distância para Medicina de Família e Comunidade / João Marcelo Lopes Fonseca. -- 2013.

118 p.: il., tab.; 30 cm.

Dissertação (mestrado) -- Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, 2013.

"Orientador(a): Profa. Dra. Cecilia Dias Flores".

1. Simulação por Computador. 2. Educação. 3. Teorema de Bayes. 4. Diretriz de Prática Médica. I. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a equipe que tornou possível esse projeto participando cada um com suas especialidades e, quando possível, bom humor.

Em especial à minha orientadora, Professora Cecília Dias Flores, por ter me aceito no grupo e antevisto as possibilidades.

Aos professores Alessandra Dahmer, Marta Rosecler Bez, Sílvio Cazella e Rosa Vicari.

Aos colegas de grupo Vinícius Maroni, João Mossmann, Paulo Ricardo Barros, Michele Silva, Eduardo Zanatta.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I – REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>9</b>
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 RACIOCÍNIO CLÍNICO .....	12
3 REDES BAYESIANAS E DIAGRAMAS DE INFLUÊNCIA.....	13
4 SIMULADORES NA EDUCAÇÃO MÉDICA.....	15
5 EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA EM MEDICINA.....	17
6 JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS .....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	20
<b>CAPÍTULO II – ARTIGO A SER TRADUZIDO E PUBLICADO.....</b>	<b>22</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>49</b>
APÊNDICE I – EXPERIMENTO PILOTO – DESCRIÇÃO DA OFICINA.....	50
APÊNDICE II – TELAS DA SALA VIRTUAL.....	52
APÊNDICE III – MANUAL DO SIMDECS.....	56
APÊNDICE IV – AVALIAÇÃO FORMAL.....	63
APÊNDICE V – ARTIGO COMPLETO ACEITO IBERAMIA 2012 .....	73
APÊNDICE VI – CAPÍTULO DE LIVRO PUBLICADO.....	81
APÊNDICE VII – ARTIGO COMPLETO LACLO 2012.....	93
APÊNDICE VIII –ARTIGO COMPLETO WESAAC 2011 .....	105
<b>ANEXOS .....</b>	<b>113</b>
ANEXO I – APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA.....	114
ANEXO II – INSTRUÇÕES PARA PUBLICAÇÃO.....	115

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACLS – *Advanced Cardiac Life Support*

ATLS – *Advanced Trauma Life Support*

BLS – *Basic Life Support*

DI – *Diagrama de Influência*

EAD – Educação a distância

IA – Inteligência Artificial

PALS – *Pediatric Advanced Life Support*

RB – Redes Bayesianas

SimDeCS – Simuladores Inteligentes para a Tomada de Decisão em Cuidados de Saúde

UFCSPA – Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## **RESUMO**

O ensino a distância tem crescido em importância com o advento da internet. A avaliação adequada do aluno dessa modalidade segue sendo difícil. Redes bayesianas se mostram adequadas para simular vários aspectos do raciocínio clínico. Esse trabalho descreve um simulador informatizado estruturado sobre rede bayesiana que foi construído para conter o conhecimento de uma diretriz clínica para Medicina de Família e Comunidade. Simuladores estruturados em redes bayesianas podem vir a ser alternativas na avaliação de alunos de ensino a distância.

Palavras-chave: simuladores; educação médica; tecnologia educacional; raciocínio clínico; redes bayesianas

## **ABSTRACT**

Distance education has grown in importance with the advent of the internet. Proper evaluation of the student of this modality remains difficult. Bayesian networks are shown suitable for simulating various aspects of clinical reasoning. This paper describes a computerized simulation on structured Bayesian network that was built to contain the knowledge of a clinical guideline for Family Medicine and Community. Simulators structured Bayesian networks can become alternatives in evaluating students in distance education environments.

Keywords: simulator; medical education; education technology; diagnostic reasoning; bayesian networks

## **CAPÍTULO I – REVISÃO DA LITERATURA**

## 1 Introdução

O ensino do raciocínio clínico é um dos pontos fundamentais da formação do médico (Eva 2005). Na prática cotidiana do profissional, faz-se uso atento das probabilidades *a priori* na tomada de decisão – seja para solicitação de exames complementares, quanto para estabelecimento de prognóstico e decisões de tratamento. Esse uso ponderado de probabilidades condicionais ajustadas para cada evidência angariada na investigação clínica é formalmente descrito pelo Teorema de Bayes (Verduijn, Peek et al. 2007).

Modernamente, considerando a profusão de publicações científicas e o aumento exponencial de informações disponíveis para subsidiar as condutas clínicas, várias entidades médicas têm optado pela publicação de diretrizes clínicas atualizadas que tentem sumarizar as boas práticas de uma área de atuação (Redwood-Campbell, Pakes et al. 2011).

A disponibilidade desse conhecimento estruturado para fornecer o estado da arte de uma especialidade ou domínio é bastante adequada para prover estudantes e profissionais atuantes ainda que distantes de um centro formador. Plataformas de Educação a distância (EAD) precisam ser modeladas em bases firmes e providas de objetos de aprendizagem adaptados às suas peculiaridades. Entretanto, ainda pairam muitas dúvidas de como fazer a avaliação do usuário destas plataformas. Soluções comumente utilizadas no ensino tradicional, como provas escritas, não tem a mesma aplicação em EAD (Bove 2008).

Outro advento em Educação Médica tem sido o uso de simuladores (Issenberg 2006). Na forma de ferramentas informatizadas, os simuladores se propõem a permitir o treinamento de habilidades e conhecimentos fundamentais de forma segura, em um ambiente controlado e sujeito a avaliação constante do aluno por meio de ferramentas pedagógicas (Scalese, Obeso et al. 2008).

O desenvolvimento de um simulador estruturado sobre redes bayesianas que contenham o conhecimento da diretriz clínica, modeladas por um especialista para emular situações práticas é a proposta de trabalho do grupo Simuladores Inteligentes para a Tomada de Decisão em Cuidados de Saúde (SimDeCS). O trabalho desse grupo contém as etapas de construção da rede bayesiana que permita ao professor fazer a modelagem de inúmeros casos clínicos através da combinação de sinais e sintomas pertinentes ao tema. Essa rede bayesiana subjaz a outras camadas do simulador, contendo personagens que expressam esses sinais e sintomas, que respondem aos questionamentos e para os quais são propostas avaliações diagnósticas ou tratamentos.

O simulador é integralmente adaptado ao ambiente da internet, permitindo ser incorporado ao conteúdo de um curso EAD e utilizado de forma simples pelo aluno no seu ambiente de estudo a distância. Outra variação de redes bayesianas, denominada diagrama de influência, consegue perceber as atitudes e o padrão de decisão tomado pelo aluno, customizando estratégias pedagógicas adequadas para cada perfil de estudante.

O objetivo geral do trabalho é descrever a construção e modelagem de um simulador estruturado em redes bayesianas para conter o conhecimento especializado presente na diretriz clínica de Cefaleia da Sociedade Brasileira de Medicina de Família e Comunidade. Notadamente, realizar a descrição observacional dos mecanismos empregados para a conversão do conhecimento textual (domínio) na elaboração e modelagem da rede bayesiana, bem como o relacionamento desta rede com o diagrama de influência utilizado para selecionar as estratégias pedagógicas utilizadas pelo simulador.

O objetivo secundário consiste em avaliar o instrumento como uma potencial ferramenta de avaliação do processo de aprendizagem do conhecimento contido na diretriz, analisando para tanto as vantagens esperadas do simulador e suas possíveis vulnerabilidades.

Por fim, descrevemos um estudo piloto comparativo entre o método tradicional de avaliação e os resultados obtidos pelos alunos ao utilizar o simulador. Com essa avaliação preliminar, pretendemos planejar uma futura validação do simulador comparado ao método tradicional de avaliação do ensino médico.

O método empregado foi a descrição observacional das etapas cumpridas para o desenvolvimento do simulador e suas diferentes partes integrantes.

O trabalho está dividido em um seguimento inicial para referencial teórico, onde estão resumidos os pontos de interesse sobre o raciocínio clínico e suas particularidades, redes bayesianas e diagramas de influência, sequencialmente seguidos de conceitos peculiares ao ensino médico e educação a distância. Segue a este referencial teórico a sessão que aborda as justificativas e os objetivos do trabalho. Na parte final, presente no capítulo 2, está o artigo em submissão para um periódico da área relatando os resultados e ilações decorrentes da estrutura do simulador, rede bayesiana e diagrama de influência.

## 2 Raciocínio Clínico

O modelo formal mais utilizado para ensino de raciocínio clínico analítico é fundamentado no Teorema de Bayes (Verduijn, Peek et al. 2007).

Quando o médico escuta de um paciente um sintoma ou observa um sinal, ele assimila esse achado como informação. A probabilidade que este achado isolado tem de influenciar positivamente alguns diagnósticos e negativamente outros é qualitativamente processada pelo médico levando em conta seu conhecimento e treinamento. A obtenção de novos sinais e sintomas na continuidade da anamnese, exame físico ou mesmo exames subsidiários fará com que alguns diagnósticos emergjam como mais prováveis em detrimento de outros.

A probabilidade pré-teste de um diagnóstico em uma determina da população é denominada prevalência. Qualquer exame subsidiário tem – ainda que não seja conhecida – uma razão de verossimilhança associada. Esta, cotejada com a probabilidade pré-teste do paciente ser portador de fato da doença (a prevalência na população a qual ele pertença), fornecerá a probabilidade pós-teste. Dessa forma, uma população com muito baixa prevalência de uma determinada patologia que seja encaminhada a um teste diagnóstico, obterá proporcionalmente poucos resultados verdadeiros positivos em relação aos resultados falso-positivos. Ao selecionar pacientes com achados sugestivos para uma determinada condição clínica, o médico fortalece a acurácia diagnóstica do exame complementar (proporcionalmente, mais resultados verdadeiros positivos que falsos negativos). Exemplificando, um resultado de exame cultural de urina indicativo de infecção urinária é valorizado diferentemente pelo médico para um paciente com queixas compatíveis com tal infecção que o mesmo resultado se obtido de um paciente assintomático. Populações de pacientes sem queixas que fizessem tal exame teriam muitos resultados falso positivos. Já populações com a probabilidade pré-teste aumentada em função dos sintomas compatíveis com infecção urinária obtém mais acurácia no resultado do teste (proporcionalmente mais resultados verdadeiros positivos). O Teorema de Bayes formaliza esse relacionamento de probabilidades encadeadas (Verduijn, Peek et al. 2007).

### 3 Redes Bayesianas e Diagramas de Influência

Redes Bayesianas (RB) são um dos modos de tratamento de conhecimento de domínio incerto. Redes Bayesianas são utilizadas para tratamento de incerteza no campo da Inteligência Artificial (Zupan, Holmes et al. 2006, Bellazzi and Zupan 2008). A modelagem de RB inclui a escolha de variáveis pertinentes ao problema a ser tratado, o relacionamento entre essas variáveis e a propagação de probabilidades pela rede. No meio científico em geral e em especial na área médica, as RB têm se mostrado úteis em cenários de conhecimento incompleto e incerto (Zupan, Holmes et al. 2006, Bellazzi and Zupan 2008).

De forma distinta e complementar, há o aspecto qualitativo das RB perceptível no fato que o mesmo problema pode ser abordado por diferentes estruturas de rede. É sabido e esperado que redes diferentes, podendo ter inclusive variáveis elencadas diferenciadas, podem tratar com eficácia similar um mesmo conhecimento a ser representado para um problema.

Uma rede bayesiana será constituída de nodos representando cada um deles uma variável considerada importante para um problema ou cenário clínico. O relacionamento entre esses nodos é representado por setas unidirecionais que ligam as diferentes variáveis de domínio conforme o conjunto de conhecimentos estabelecidos naquela área. O aspecto quantitativo é inicialmente dado pelas probabilidades *a priori* de cada variável presente na rede. Quando a rede é alimentada com uma probabilidade nova, por exemplo, o relato de um sintoma, essa probabilidade é propagada na estrutura, recalculando a probabilidade de outros nodos conforme esse novo evento. Exemplificando, a presença de sintomas como cefaleia pulsátil e hemicraniana propaga para nodos dependentes o efeito positivo para emergência de um diagnóstico de enxaqueca e pode exercer efeito neutro ou mesmo negativo sobre outros diagnósticos diferenciais, conforme a estrutura da rede que esteja representando este conhecimento (Verduijn, Peek et al. 2007).

Uma forma particular de RB é o Diagrama de Influência (DI). Consistem de uma representação gráfica de uma tomada de decisão, também expressos em gráficos acíclicos (Pearl, 2009). Um DI relaciona entre si decisões, incertezas e objetivos. Formalmente, são representados em nodos de decisão, de chance e de valor. Nodos de decisão, representados como retângulos, discriminam as possíveis decisões passíveis de serem tomadas. Nodos de chance são representados como círculos, apresentam as variáveis de incerteza. Nodos de utilidade ou valor são representados como losangos, e contêm objetivos ou a melhor utilidade decorrente das variações dos nodos anteriores.

Diagramas de influência partem de nodos que representam o conhecimento (presente ou ignorado) de variáveis de interesse, integrando-os em uma função de utilidade, que escolherá baseado nas variáveis conhecidas a melhor ação ou ações a serem recomendadas. Dessa forma, combinam-se múltiplos atributos e objetivos menores (potencialmente conflitantes entre si) para que emerja dessa relação uma decisão ótima para o cenário apresentado para essa DI (Pearl, 2009).

Enquanto uma RB genérica expressa o valor de seus nodos em probabilidades propagadas conforme a estrutura da rede, o produto final de um DI é uma decisão, cristalizada a partir das variáveis iniciais submetidas as regras de interação expressas no diagrama. Em vez de uma probabilidade final, tem-se uma diretiva (ainda que emergente de variáveis incertas).

#### 4 Simuladores na Educação Médica

A utilização de simulações na aprendizagem médica começou na Anestesiologia. Simulações realísticas são consideradas formas preferenciais para a aquisição de habilidades mínimas em situações de Emergência, onde o aprendizado na situação real importaria riscos inadmissíveis aos pacientes. Como exemplo de cursos de imersão que utilizam essa metodologia podemos citar o *Basic Life Support (BLS)*, *Advanced Cardiac Life Support (ACLS)*, *Advanced Trauma Life Support (ATLS)* e *Pediatric Advanced Life Support (PALS)*.

Ao longo dos anos tem sido crescente o número de publicações e mesmo periódicos inteiros dedicados aos simuladores e simulações na formação médica, tanto nos níveis de graduação, como pós graduação *strictu sensu e latu sensu* (Issenberg, McGaghie et al. 2005, Rosen, McBride et al. 2009).

O ensino médico apoiado em simuladores permite ao aluno testar formas diferentes de resolver um mesmo problema (Semeraro, Frisoli et al. 2009). Torna possível ao aluno explorar de forma lúdica as relações complexas entre as variáveis relacionadas enquanto busca uma solução que mais se aproxime do resultado ideal proposto. Possibilita o reforço didático necessário à consolidação do conhecimento adquirido ao simular um cenário realístico de aplicação deste conhecimento (Khan, Pattison et al. 2011).

No ambiente simulado, reduz-se a interferência de fatores externos àqueles que se quer dar destaque no processo de aprendizagem. Se adequadamente planejados, os simuladores podem parametrizar a avaliação de diferentes alunos, de forma ponderada à dificuldade dos cenários propostos. Da mesma forma, se pode adaptar diferentes desafios e níveis de dificuldade conforme o aluno (Khan, Pattison et al. 2011).

Ainda dentro das vantagens do uso de simuladores, está a possibilidade de aliar ao estudo de conhecimentos clínicos os conhecimentos econômicos. São ambientes propícios para a inclusão de dados como fármaco-economia, custo-efetividade e otimização de recursos. Mesmo situações raras ou que não ocorram em um período destinado à formação presencial do aluno podem, se julgadas importantes para a formação profissional, serem abordadas nos seus aspectos peculiares dentro de simuladores, de forma estruturada e programada (Edelbring, Broström et al. 2012).

O maior objetivo no ensino médico deve ser obter padrões de excelência com mensuração de resultados do processo de aprendizagem. O compromisso hipocrático de *primum non nocere* (primeiro não causar dano) aliado à possibilidade de ensino em cenários

controlados faz da simulação médica uma ferramenta desejável se comprovada como eficaz para o objetivo que se propõe (Biese, Moro-Sutherland et al. 2009).

Dentro desse cenário amplo dos simuladores, um subtipo específico de simulação visa a fazer avaliação de competência. Um aluno recebe o aprendizado específico de uma área de conhecimento (domínio). A etapa seguinte seria extrair desse mesmo domínio as condutas pertinentes para a situação proposta, em ordem correta de planejamento e considerando a exequibilidade técnica. Esse conhecimento de aplicação é parte fundamental do aprendizado. O ambiente da simulação deve prover formas de quantificar esse processo de aquisição de competência e aplicação do conhecimento adquirido (Klar and Bayer 1990, Nishisaki, Keren et al. 2007).

## 5 Educação a Distância em Medicina

As práticas de ensino para adultos diferem daquelas utilizadas para crianças. Adultos precisam saber por que razões devem aprender. Adultos trazem experiências pregressas que sempre correlacionam com o que está sendo aprendido. O ensino para adultos deve estar relacionado a situações do mundo real. A orientação ao aprendizado para adultos deve estar centrada na realização da tarefa e não no assunto em si. Por fim, é preciso considerar em primeiro plano que as motivações internas são importantes para o aluno adulto.

A avaliação tem um papel relevante no processo de ensino e aprendizagem, indo além de apenas fornecer um critério numérico ou qualitativo do aluno (van Roermund, Tromp et al. 2011).

Avaliações podem genericamente serem classificadas como:

- Diagnóstica, quando é desenhada para avaliar a aptidão do aluno em desempenhar determinada tarefa.
- Formativa, quando ela própria desempenha um papel de estímulo no processo de aprendizagem, fornecendo retorno ao aluno da sua apropriação de conhecimento e possíveis lacunas por serem preenchidas.
- Somativa, quando visa classificar conforme o desempenho, ordenando os alunos conforme o resultado obtido.

A avaliação ideal é capaz de aglutinar esses diferentes aspectos, de forma abrangente e flexível. Deve ser capaz de colaborar ativamente para o processo de consolidação do conhecimento do aluno, permitindo a percepção dele próprio e do docente das condições daquele indivíduo desempenhar determinada tarefa e de como essas condições estão quando cotejadas com seus pares (Ziv, Ben-David et al. 2005).

Como parte do processo de ensino e aprendizagem, a avaliação tem papel relevante. Avaliar a capacidade de tomada de decisões é essencial ao professor, dentro de um paradigma que respeite as experiências pregressas e conceitos anteriores do educando.

Considera-se uma avaliação de grupo adequada quando ela permite discriminar de forma relativamente clara os alunos de desempenho ou preparo ideal, médio ou insuficiente. Considera-se que a distribuição de notas (quando avaliação numérica) provavelmente se dará de forma normal, com o predomínio dos alunos em uma determinada faixa central de desempenho e extremos superior e inferior em minorias. Distribuições assimétricas são consideradas sugestivas de avaliações não ideais. Curvas de distribuição de desempenhos

desviadas para esquerda sugerem avaliações excessivamente fáceis. Curvas de distribuição de desempenho desviadas para direita sugerem avaliações excessivamente difíceis.

Novos desafios têm surgido para os docentes diante da incorporação de novas tecnologias ao ensino médico (Artino and Durning 2012). Ferramentas de Educação a Distância (EAD) abrem possibilidades até pouco tempo não completamente exploradas de fornecer de forma não presencial treinamento formativo ou adicional para adultos já em desempenho de atividades profissionais (Bove 2008).

Mais recentemente, levando-se em conta as particularidades geográficas e econômicas do Brasil, tem sido política governamental a ênfase para que Centros Formadores ofereçam alternativas de EAD.

Diante disso, mais particularidades vieram a se somar ao problema da avaliação no ensino de adultos, como a capacidade de discriminação da avaliação, sigilo e real dimensionamento do aprendizado consolidado.

## 6 Justificativa e Objetivos

O Sistema de Saúde brasileiro está no momento estrategicamente direcionado para o estabelecimento e consolidação das estratégias de Medicina de Família e Comunidade. Parte da formação desses profissionais ao nível de educação continuada se dá por plataformas de EAD. A Sociedade Brasileira de Medicina de Família e Comunidade produz diretrizes clínicas sobre alguns temas prevalentes para auxiliar na disseminação de conhecimento entre os profissionais envolvidos na assistência. É preciso levar em consideração as particularidades inerentes às plataformas EAD no que tange aos métodos de avaliação do processo de ensino aprendizagem.

Considerando as vantagens do uso de simuladores em diferentes etapas e necessidades da formação médica, este pode consistir de alternativa interessante para realizar essa avaliação de assimilação de conhecimento para ambientes de EAD. Para tanto, idealizamos um simulador estruturado sobre redes bayesianas que pudesse representar o conhecimento específico presente em uma diretriz clínica do campo da Medicina de Família e Comunidade. Comparamos o desempenho medido nesse simulador de alunos médicos envolvidos diretamente na assistência. Avaliamos o desempenho dos mesmos alunos utilizando uma ferramenta de avaliação formal – prova. Os dois instrumentos estavam representando o conhecimento fixado na diretriz clínica de Cefaleia da Sociedade Brasileira de Medicina de Família e Comunidade, disponível na página aberta desta Sociedade.

O objetivo principal foi descrever a estrutura desenvolvida na preparação e execução do SimDeCS, notadamente na rede bayesiana que subjaz ao jogo e que responde pelo conhecimento contido na diretriz clínica chancelada pela sociedade supracitada.

Como objetivo secundário, procedemos uma avaliação preliminar na forma de um estudo piloto do SimDeCS como forma de avaliação do ensino das diretrizes clínicas, suas potenciais vantagens e possíveis vulnerabilidades comparado ao método formal de avaliação.

## Referências Bibliográficas

- Artino, A. R. and S. J. Durning (2012). "Media will never influence learning': but will simulation?" Med Educ **46**(7): 630-632.
- Bellazzi, R. and B. Zupan (2008). "Predictive data mining in clinical medicine: current issues and guidelines." Int J Med Inform **77**(2): 81-97.
- Biese, K. J., D. Moro-Sutherland, R. D. Furberg, B. Downing, L. Glickman, A. Murphy, C. L. Jackson, G. Snyder and C. Hobgood (2009). "Using screen-based simulation to improve performance during pediatric resuscitation." Acad Emerg Med **16 Suppl 2**: S71-75.
- Bove, A. A. (2008). "Internet-based medical education." Perspect Biol Med **51**(1): 61-70.
- Edelbring, S., O. Broström, P. Henriksson, D. Vassiliou, J. Spaak, L. O. Dahlgren, U. Fors and N. Zary (2012). "Integrating virtual patients into courses: follow-up seminars and perceived benefit." Med Educ **46**(4): 417-425.
- Eva, K. W. (2005). "What every teacher needs to know about clinical reasoning." Med Educ **39**(1): 98-106.
- Issenberg, S. B. (2006). "The scope of simulation-based healthcare education." Simul Healthc **1**(4): 203-208.
- Issenberg, S. B., W. C. McGaghie, E. R. Petrusa, D. Lee Gordon and R. J. Scalese (2005). "Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review." Med Teach **27**(1): 10-28.
- Khan, K., T. Pattison and M. Sherwood (2011). "Simulation in medical education." Med Teach **33**(1): 1-3.
- Klar, R. and U. Bayer (1990). "Computer-assisted teaching and learning in medicine." Int J Biomed Comput **26**(1-2): 7-27.
- Nishisaki, A., R. Keren and V. Nadkarni (2007). "Does simulation improve patient safety? Self-efficacy, competence, operational performance, and patient safety." Anesthesiol Clin **25**(2): 225-236.
- Pearl, Judea. **Causality**. First edition. Cambridge - USA. 2009.
- Redwood-Campbell, L., B. Pakes, K. Rouleau, C. J. MacDonald, N. Arya, E. Purkey, K. Schultz, R. Dhatt, B. Wilson, A. Hadi and K. Pottie (2011). "Developing a curriculum framework for global health in family medicine: emerging principles, competencies, and educational approaches." BMC Med Educ **11**: 46.

- Rosen, K. R., J. M. McBride and R. L. Drake (2009). "The use of simulation in medical education to enhance students' understanding of basic sciences." Med Teach **31**(9): 842-846.
- Scalese, R. J., V. T. Obeso and S. B. Issenberg (2008). "Simulation technology for skills training and competency assessment in medical education." J Gen Intern Med **23** **Suppl 1**: 46-49.
- Semeraro, F., A. Frisoli, M. Bergamasco and E. L. Cerchiari (2009). "Virtual reality enhanced mannequin (VREM) that is well received by resuscitation experts." Resuscitation **80**(4): 489-492.
- Sociedade Brasileira de Medicina de Família e Comunidade. Diretrizes. Rio de Janeiro. Atualizada em 18/12/2012. Disponível em <http://www.sbmfc.org.br/media/file/diretrizes/cefaleia.pdf>
- van Roermund, T. C., F. Tromp, A. J. Scherpbier, B. J. Bottema and H. J. Bueving (2011). "Teachers' ideas versus experts' descriptions of 'the good teacher' in postgraduate medical education: implications for implementation. A qualitative study." BMC Med Educ **11**: 42.
- Verduijn, M., N. Peek, P. M. Rosseel, E. de Jonge and B. A. de Mol (2007). "Prognostic Bayesian networks I: rationale, learning procedure, and clinical use." J Biomed Inform **40**(6): 609-618.
- Ziv, A., S. Ben-David and M. Ziv (2005). "Simulation based medical education: an opportunity to learn from errors." Med Teach **27**(3): 193-199.
- Zupan, B., J. H. Holmes and R. Bellazzi (2006). "Knowledge-based data analysis and interpretation." Artif Intell Med **37**(3): 163-165.

## **CAPÍTULO II – ARTIGO A SER TRADUZIDO E PUBLICADO**

**Descrição da Metodologia Empregada para a Construção de um Simulador  
para Ensino Médico Estruturado em Redes Bayesianas: Simulador  
Inteligente para a Tomada de Decisão em Cuidados de Saúde - SimDeCS**

**Descrição da Metodologia Empregada para a Construção de um Simulador  
para Ensino Médico Estruturado em Redes Bayesianas: Simulador  
Inteligente para a Tomada de Decisão em Cuidados de Saúde - SimDeCS**

{blind}

**Resumo**

O ensino a distância tem crescido em importância com o advento da Internet. A avaliação adequada do aluno dessa modalidade segue sendo difícil. Tanto provas realizadas a distância como exames presenciais ocasionais não parecem suprir as necessidades de avaliação do processo de aprendizado para o ensino a distância. Redes bayesianas mostram-se adequadas para simular vários aspectos do raciocínio clínico. A possibilidade de integrá-las no processo avaliativo do aluno do curso a distância foi até então pouco explorada. Esse trabalho descreve um simulador baseado em redes probabilísticas que foi construído para representar o conhecimento de diretrizes clínicas para Medicina de Família e Comunidade. A rede bayesiana, que dá a base ao simulador, foi modelada de forma a permitir a jogabilidade do aluno, retorno imediato para este de estratégias pedagógicas diferenciadas conforme o desempenho e uma avaliação abrangente do desempenho ao término do jogo. Simuladores estruturados por redes bayesianas podem vir a ser alternativas na avaliação dos alunos de ensino a distância em Medicina.

**Keywords**

Intelligent tutoring systems; Education technology; Diagnostic reasoning; Bayesian networks

## **Introdução**

O objetivo da Educação Médica pode ser entendido como o processo de formar um profissional com conhecimento qualificado para o atendimento ao paciente e capaz de estender e atualizar esse conhecimento ao longo de sua prática profissional (Swanwick e Buckley, 2010, p. XV). Se compreendermos o aprendizado como Demo (2004), o veremos como a reconstrução do conhecimento, onde o aluno estabelece as diferentes relações entre fatos e objetos.

Na adaptação à nova realidade de meios digitais de armazenamento, transmissão e consumo de informação e conhecimento, a pesquisa deve questionar a eficácia das ferramentas propostas e fornecer argumentos para seu uso ou rejeição (Botezatu, 2010). Dentro desse ambiente de inovação, as lacunas existentes entre o conhecimento teórico e a vivência clínica dos estudantes de Medicina têm sido uma preocupação entre os educadores (Higgs et al, 2008), pois, tradicionalmente, os sistemas universitários montam processos de formação compostos de longos períodos de estudo de conteúdo teórico, acrescidos posteriormente com a prática clínica (Forte; Prado 2010). Essa compartimentalização dificulta ao estudante relacionar uma etapa com outra e, por conseguinte, a consolidação o aprendizado (Brookfield, 2005). Ainda mais, torna menos fácil para o estudante desenvolver um raciocínio crítico quanto à pertinência do conhecimento teórico em relação a sua aplicabilidade prática.

Outro aspecto que nas últimas décadas vêm emergindo junto com as tecnologias de disseminação de informação são as plataformas de Educação a Distância (EAD). Ainda não existe, contudo, uma proposta concreta e aceita universalmente pela comunidade de como avaliar o desempenho dos alunos sem a presença do professor. O modelo tradicional de avaliação por provas não é adequado para o aluno a distância por este ter livre acesso aos repositórios de conhecimento. A alternativa das avaliações presenciais também apresenta dificuldades de execução prática e, na maioria dos casos, só se torna factível em períodos

espaçados de tempo. O sistema de tutoria a distância é uma alternativa frequentemente vista como adequada, embora para sua efetivação seja necessária uma quantidade adequada de tutores para cada grupo de alunos.

Uma alternativa para essas dificuldades no ambiente EAD tem sido buscada por meio de simuladores. Diversos simuladores atualmente existentes se propõem a oferecer ao estudante ambientes virtuais seguros, onde ele possa testar e consolidar conhecimentos teóricos recentemente adquiridos em situações clínicas simuladas (Smith et al, 2009), (Botezatu et al, 2010), (Holzinger et al, 2009).

Além de ambientes para a aplicação lúdica do conhecimento adquirido e eventualmente a avaliação desse processo, o simulador também pode ser o espaço onde o aluno exercita o processo de tomada de decisão de forma mais realística. Não só atingir um objetivo – como o de fazer um diagnóstico ou acertar uma conduta terapêutica – mas de entender que diferentes decisões no jogo implicarão custos financeiros, riscos ao seu paciente virtual e dispêndio de tempo muito diferentes. Dessa forma, a simulação também pode evidenciar para o aluno que uma investigação excessiva, embora com resultado final correto, seria melhor empreendida por estratégias menos dispendiosas ou mais curtas, desde que com resultados igualmente adequados.

Redes bayesianas, por serem uma das abordagens em Inteligência Artificial para emular o raciocínio clínico, podem ser a escolha para prover a estrutura de um simulador médico. (Vicari et al, 2003). A emergência de diagnósticos e condutas mais adequadas para um determinado cenário e a alteração dessas escolhas com o surgimento de novas evidências tornam a rede bayesiana parecida com vários aspectos da cognição médica (Simel, 2007; Schwartz; Elstein, 2008; Perl, 1998; Niedermayer, 2008; Flores et al 2006). Essa vantagem tem sido explorada em outras ferramentas de apoio à decisão clínica. Um experimento amplamente divulgado é o Quick Medical Reference – Decision Theoretic, que consiste de

um modelo onde cerca de 600 doenças são relacionadas a aproximadamente 4000 sintomas (Jaakkola, 1999). Nas últimas duas décadas, o uso de redes bayesianas como base para algoritmos da área médica foi revigorado, inclusive com a adição de recursos de aprendizado e calibração automática a partir de registros clínicos existentes (Ananthaswamy, 2011).

As diretrizes clínicas se tornaram comuns a diversas especialidades médicas pela necessidade de sumarizar a informação científica. Várias organizações governamentais e sociedades médicas produzem e mantêm atualizadas diretrizes clínicas com o objetivo de tornar disponível o estado da arte de um campo de conhecimento médico específico (Redwood-Campbell, Pakes et al. 2011).

O Governo Brasileiro fomenta a Medicina de Família e Comunidade como uma das prioridades na consolidação e manutenção do Sistema Único de Saúde. Considerando as dimensões territoriais do país, essa estratégia visa prover atendimento básico de saúde à população na forma de equipes multidisciplinares. Essas equipes são compostas por vários profissionais de saúde, dentre os quais médicos. Em sinergia a esse projeto federal, as prefeituras municipais recebem verbas de incentivo para a criação e manutenção de equipes de atenção básica. Para qualificar esse profissional, o Ministério da Saúde tem um programa de ensino a distância denominado Universidade Nacional Aberta do Sistema Único de Saúde (UNA-SUS).

Como diversas outras Sociedades Médicas no mundo, a Sociedade Brasileira de Medicina de Família e Comunidade produz diretrizes clínicas como forma de condensar e distribuir o conhecimento atual de um determinado problema prevalente entre seus integrantes.

Este artigo introduz o SimDeCS (Simulador Inteligente para a Tomada de Decisão em Cuidados de Saúde), apresentando sua arquitetura e metodologia empregada na construção de casos clínicos. O SimDeCS é do tipo Paciente Virtual (Orton e Mulhausen, 2008),

(McLaughlin, 2008) e foi desenvolvido na Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre. Além disso, são apresentados alguns resultados obtidos de um experimento realizado com médicos alunos do Curso de Especialização em Saúde da Família da UNASUS.

### **1. Simulador Inteligente para a Tomada de Decisão em Cuidados de Saúde - SimDeCS**

O SimDeCS é um ambiente computacional multiagente, que simula o atendimento de um paciente em uma Unidade Básica de Saúde (UBS) ou visita domiciliar, onde o paciente é um personagem virtual e o jogador, um estudante médico. Durante o processo de atendimento, o jogador recebe intervenções de um preceptor (instrutor) que tem por objetivo orientá-lo na sua conduta. Os casos clínicos são modelados a partir de protocolos clínicos e diretrizes terapêuticas que são formulados dentro de rigorosos parâmetros de qualidade e representam o consenso técnico-científico.

O desenvolvimento desse ambiente leva em consideração o processo de ensino e aprendizagem médico, tanto no nível de graduação como de especialização. Médicos em formação discutem em grupos liderados por médicos mais experientes as informações a cerca de um paciente, obtidas através da anamnese, exame físico e exames subsidiários. Literatura científica é também usada como fonte de consulta. Todo esse volume de dados é analisado principalmente pelo mais experiente (professor) que orienta quais as informações devem receber maior peso no processo decisório e quais as etapas subsequentes de investigação e tratamento se fazem necessárias.

Os médicos, amparados nas informações colhidas das fontes acima descritas, tentam estabelecer o diagnóstico diferencial entre o conjunto de patologias que possam se apresentar com os achados clínicos presentes no paciente. Muitas vezes, novos exames são necessários

para fornecer informações suplementares visando estreitar o leque de alternativas diagnósticas.

### 1.1 Arquitetura do SimDeCS

A arquitetura do SimDeCS está representada na Figura 1. A arquitetura consiste de três camadas. O nível mais baixo é a camada de conteúdo, que reúne as técnicas aplicadas para representação do conhecimento e que permitem a alimentação dos dados na base de conhecimento. Acima da camada de conteúdo, temos a camada de comunicação, que gerencia a interação entre os diferentes agentes que compõem o sistema. A camada do topo é a de apresentação, desenvolvido em Flash, que troca informações com o usuário e com a camada de comunicação através de um Servlet Java. Servlet é um componente como um servidor, que gera dados HTML e XML para a camada de apresentação de uma aplicação Web. É basicamente uma classe na linguagem de programação Java que dinamicamente processa requisições e respostas, proporcionando, dessa maneira, novos recursos ao ambiente multiagente.

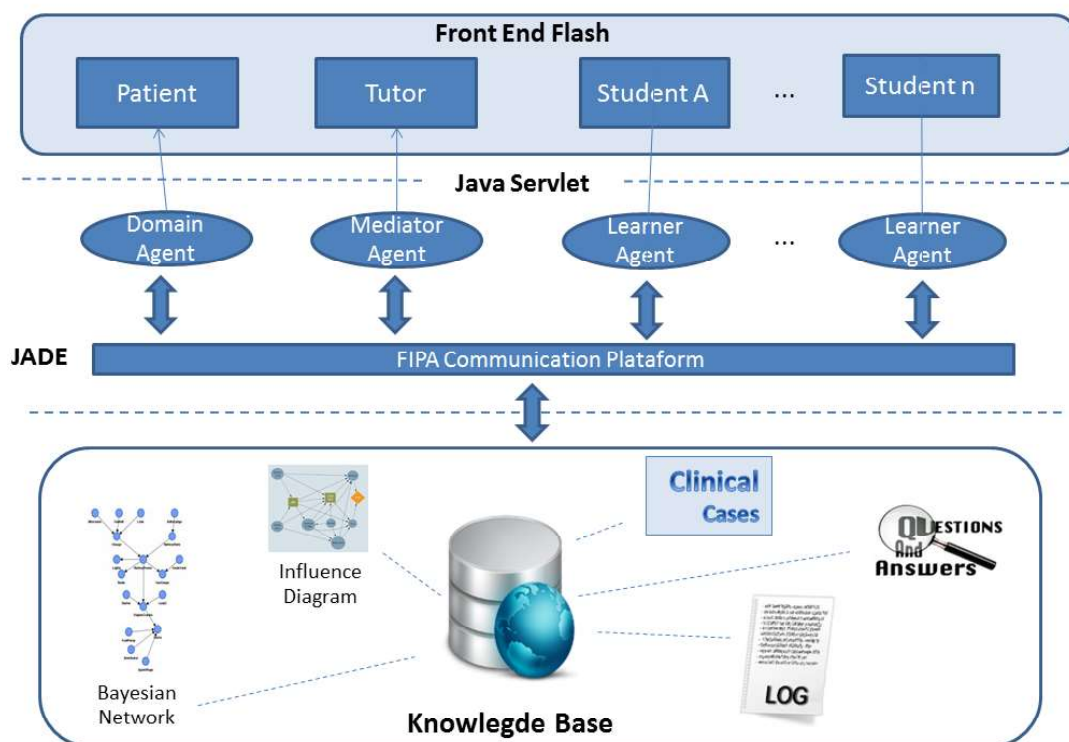


Figura 1: Arquitetura do SimDeCS.

O Agente de domínio representa o domínio do conhecimento do especialista, representado pelos casos clínicos na camada de Apresentação, enquanto o agente aprendiz representa o conhecimento do estudante. Se as decisões tomadas pelo estudante são diferentes das esperadas pelas informações presentes no caso, o agente mediador – que representa o tutor/instrutor - tentará motivar o aprendiz a revisar sua decisão ou obter informações adicionais do caso. O agente mediador guia o estudante através de estratégias pedagógicas selecionadas por um diagrama de influência abaixo explicado.

A camada de conteúdo representa o armazenamento das informações sobre os casos clínicos construídos, os logs (registros) de navegação do aluno pela simulação, assim como, o repositório de diálogos dos personagens e o processamento do diagrama de influência (Bez et al, 2012) e das redes bayesianas (Flores et al, 2012).

A troca de informações entre os agentes é essencial para o desempenho do simulador. Os agentes no SimDeCS se comunicam sobre uma plataforma Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA).

Redes Bayesianas e o Diagrama de Influência são representados, para fins de comunicação, em um formato baseado em XML (XBN). Para estabelecer a comunicação entre os agentes é necessária uma estrutura comum de referências e ontologias compartilhadas, que determinará como uma mensagem específica deverá ser interpretada.

A comunicação no SimDeCS é estabelecida usando JADE (JAVA Agent Development) framework. JADE fornece uma série de alternativas para o desenvolvimento de tecnologias baseadas em agentes, acelerando o processo de desenvolvimento.

## 2. Metodologia de construção de simulação no SimDeCS

As etapas de construção de simulação no SimDeCS são apresentadas na Figura 2. Cada etapa é detalhada no seguimento do texto.

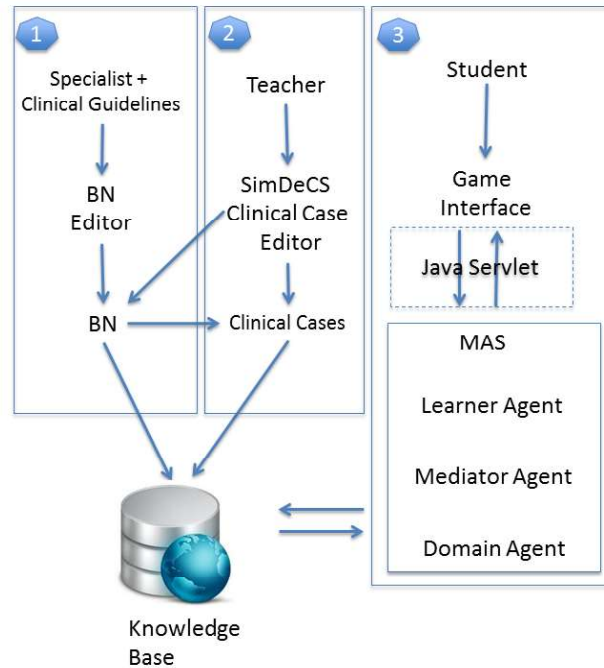


Fig. 2. Etapas de construção de simulação no SimDeCS (Bez et al, 2012)

### 2.1 Etapa 1 – Modelagem do Conhecimento Especialista

Na Etapa 1 o especialista estrutura o conhecimento de domínio médico em uma Rede Bayesiana, usando como fonte básica Diretrizes Clínicas. Algumas das diretrizes da Sociedade Brasileira de Medicina da Família e Comunidade (SBMFC) foram adotadas para ser modelado por redes bayesianas no âmbito do projeto SimDeCS. A diretriz clínica de cefaleia, utilizada como *testbed* no projeto, foi escrita por especialistas em Medicina de Família e traz a visão da especialidade para os diversos aspectos ambulatoriais do problema cefaleia (Pinto, 2008).

A elaboração de uma rede bayesiana está sumarizada como tendo três momentos principais (PEARL,1988):

1. a identificação das variáveis pertinentes e relevantes;
2. a organização dessas variáveis na estrutura de um grafo acíclico direcionado que representa as relações entre elas;
3. a obtenção para cada variável (nodo) dos possíveis valores de probabilidade condicionais e à priori para propagação no modelo.

Guiando-se pelos aspectos semânticos apresentados, e com essas três tarefas em mente, pode-se definir um método para construção das redes bayesianas.

De maneira formal (DRUZDZEL, VAN DER GAAG, 2000), o método consiste em, a partir de um conjunto de variáveis  $\{x_1, k, x_n\}$ :

1. Ordenar o conjunto de variáveis  $\{x_1, k, x_n\}$ , de forma arbitrária;
2. Utilizar  $x_1$  como raiz da RB, atribuindo a ela  $P(x_1)$ ;
3. Selecionar  $x_2$  e
  - a. Se  $x_2$  for dependente de  $x_1$ , estabelecer um arco direcionado partindo de  $x_1$  até  $x_2$  e estabelecer  $P(x_2|x_1)$  para  $x_2$ ;
  - b. Não havendo dependência, deixar  $x_2$  sem ligação e definir  $P(x_2)$ ;
4. Para cada um dos nodos  $x_i$  seguintes, criar arcos direcionados que, conceitualmente, partam do menor grupo Pais de variáveis já presentes na RB (i.e.  $Pais\ i \subseteq \{x_1, k, x_n\}$ , tal que  $(\mid) (\mid P\ x_i\ Pais\ i = P\ x_i, x_{i-1} \wedge k \wedge x_1)$ ).

Bases de dados, literatura disponível e conhecimento de especialistas da área (domínio) são as fontes usualmente aceitas para a atribuição dos valores numéricos para as probabilidades de cada nodo presente na rede (DRUZDZEL e VAN DER GAAG, 2000).

A metodologia usada para a geração da rede bayesiana começa então pela leitura do texto e isolamento das informações clínicas que podem influenciar o diagnóstico médico, ou relacionar-se com as condutas a serem tomadas. Esta prospecção na bibliografia e escolha de variáveis é feita por um especialista de domínio, referenciando-se do seu conhecimento do

campo para a escolha das variáveis e futura ligação entre elas. Para a diretriz clínica sobre cefaleia, foram utilizadas 30 variáveis para compor os nodos da rede bayesiana – Quadro 1.

<b>Nodo</b>	<b>Descrição</b>
Acute weakness	Fraqueza aguda – descrita como perda de força em um membro de rápida e recente instalação
Analgesia *	Prescrição de analgésicos
Aneurysmal history	História familiar de aneurisma em sistema nervoso central em mais de um parente de primeiro grau.
Antimicrobians *	Prescrição de antibióticos
Cluster Headache #	Cefaleia em salvas
Diplopia	Visão dupla
Dor facial	Dor em face, não relacionada à mastigação
Febre	Presença do sintoma na anamnese do paciente
Hemicranial pain	Dor hemicraniana
High frequency	Episódio típico da dor que motivou o atendimento repetindo-se 4 vezes no período de um mês
Holocranial pain	Dor holocraniana
Imaging investigation*	Decisão de solicitar exame de imagem (tomografia computadorizada, por exemplo)
Migraine #	Enxaqueca
Nasal discharge	Secreção nasal durante as crises
Nasal obstruction	Obstrução nasal durante as crises
Nausea	Náuseas acompanhando a cefaleia
Nuchal rigidity	Rigidez nuchal
Painful mastication	Dor para o ato de mastigar
Photophobia	Piora da dor na claridade. Sensação de alívio em ambientes escuros.
Profilaxy *	Prescrição de fármacos de uso profilático para diminuição dos episódios de recorrência
Pulsating pain	Dor referida pelo paciente como pulsátil ou latejante
Rest relief	Alívio com repouso
Seizure	Descrição do paciente compatível com episódio convulsivo
Sinusitis #	Sinusite
Specialist *	Decisão por parte do médico de família de solicitar uma consulta com outro especialista (neurologista, otorrinolaringologista, odontólogo)
Temporomandibular #	Disfunção da articulação temporomandibular
Tension-type Headache #	Cefaleia tensional
Uncommon episodes	Frequência baixa da ocorrência da dor descrita pelo paciente
Unilateral Red Eye	Olho vermelho concomitante à dor, unilateral
Visual Disturbance	Percepção do paciente de escotomas (pontos luminosos no campo visual, precedendo ou acompanhando a dor)

**Quadro 1: Nodos componentes da rede bayesiana. #: Diagnóstico. \*: Conduta clínica. Todos os demais são achados de anamnese.**

Após a separação das variáveis de importância, elencadas na diretriz clínica, são distribuídas ao redor de cada nodo diagnóstico (Quadro 1) as evidências clínicas que pesam a

favor do mesmo (Figura 2). De forma similar, a partir de cada um dos nodos diagnósticos, são distribuídas as condutas pertinentes para aquele diagnóstico clínico (Figura 2).

Na etapa seguinte, o especialista de domínio faz a ligação entre os nodos utilizando genericamente o desenho de nodos pais serem sintomas e sinais apresentados pelo paciente. Estes convergem em nodos diagnósticos, através da presença dos primeiros servindo de reforço para cada entidade diagnóstica. A calibração das probabilidades é também feita pelo especialista de domínio, utilizando-se de ferramenta específica para construção de redes bayesianas. Por exemplo, a presença de escotomas (visual disturbance) é indicativa de enxaqueca para o universo de diagnósticos abordados na diretriz clínica. Por outro lado, a dor pulsátil é tanto característica de enxaqueca quanto de cefaleia em salva (cluster).

A partir dos nodos diagnósticos é realizada a ligação com nodos de conduta. Uma vez que um diagnóstico emerge como preponderante sobre os demais, a rede também emerge como a conduta adequada para aquele diagnóstico dentre as demais. Ressalta-se, nesse ponto, que a analgesia, por exemplo, é a conduta pertinente a diversos diagnósticos no domínio cefaleia. Outro exemplo é que a frequência das crises pode, dentro do diagnóstico de enxaqueca, determinar a pertinência de tratamento profilático ou não.

Construída a rede, o especialista de domínio passa a simular diversas apresentações típicas e não típicas dos diagnósticos em questão. Isso permite a ele ajustar as probabilidades dos nodos, de forma a emergir o diagnóstico mais provável, conforme a sua experiência clínica.

A rede bayesiana construída a partir desta diretriz clínica está apresentada na Figura 3.

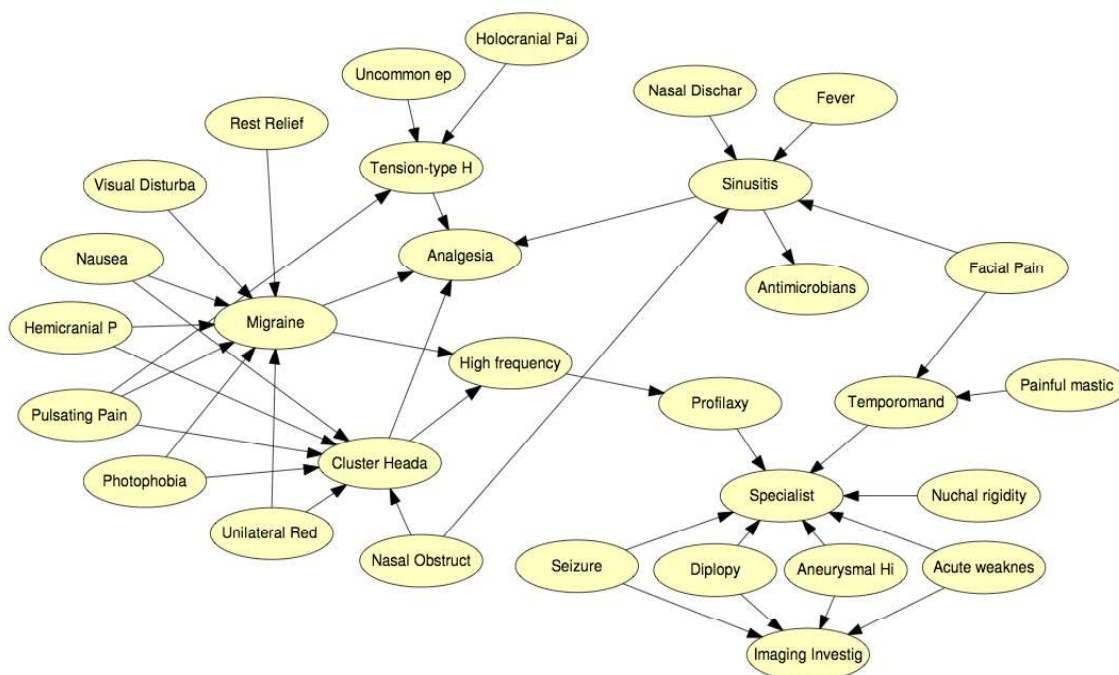


Figura 3: Rede Bayesiana construída a partir da diretriz clínica Cefaleia

Para cada nodo da rede bayesiana são associadas frases coloquiais. A camada em que o jogador interage é composta de personagens em ambientes de consultório médico ou em domicílio. Na medida em que o jogador vai inquirindo o paciente virtual dos seus sintomas, utilizando para isso frases estruturadas, a rede bayesiana é inferida pelo sistema e a probabilidade presente no nodo é convertida através de uma tabela previamente definida para um termo coloquial (Quadro 2 e Quadro 3).

No Quadro 2 estão incluídos, além dos nodos significantes da rede bayesiana, os nodos *bogus*. Nodos *bogus* não tem ligação no diagrama de grafos com a rede propriamente dita, fazendo o papel de pistas falsas. Quando questionado ao paciente virtual, recebe uma resposta conforme modelado no caso clínico. Contudo, não propaga influência na rede pela ausência de pertinência clínica que eles têm.

Quando concluída a entrevista clínica, o jogador pode formular sua hipótese diagnóstica dentre as opções presentes no jogo – as mesmas destacadas como mais prevalentes na diretriz clínica.

<b>NODO</b>	<b>Perguntas e Respostas associadas</b>
Rest Relief	A dor de cabeça melhora ao ficar parado? A dor alivia no repouso? _____ alivia no repouso. Quando fico sem me mexer _____ me sinto melhor.
Visual Disturbance	Sente alguma alteração para enxergar durante a dor de cabeça? Durante a dor, vê pontos coloridos, luzes piscantes ou a vista borrada? Enquanto tenho dor sinto minha vista diferente. _____ enxergo mal quanto tenho dor.
Nausea	Durante a dor de cabeça ocorre também enjoo? Durante a dor de cabeça, sente vontade de vomitar? _____ tenho vontade de vomitar junto com a dor de cabeça. Quando tenho dor _____ fico com enjoo.
Hemicranial Pain	A dor fica concentrada em uma metade da cabeça? Dói um lado só da cabeça? _____ dói um lado só da cabeça.
Pulsating Pain	A dor é latejante? Dói conforme as batidas do coração? _____ sinto doer como se fosse junto com as batidas do coração.
Photophobia	Durante a dor, parece melhor ficar em um lugar escuro? Quando dói, piora com luz forte ou piscante? A luz _____ piora minha dor.
Unilateral Red Eye	Nota durante a dor que um dos olhos fica vermelho? Nota um olho mais vermelho que o outro durante a dor? _____ fica vermelho um dos meus olhos. _____ dizem que fico com um olho só vermelho quando estou com dor.
Migraine	"Estou achando que sua dor é do tipo enxaqueca. É um tipo de dor com características parecidas com a sua e que pode ser tratada."
Cluster Headache	"Está me parecendo que sua dor de cabeça é um tipo de enxaqueca que se chama enxaqueca em salva. Sua dor de cabeça tem várias características desse tipo de problema, a dor de cabeça em salva."
High frequency	Ocorre mais do que 4 crises de dor de cabeça por mês? _____ tenho mais do que quatro crises de dor em um mês.
Tension-type Headache	"Está parecendo que sua dor é de um tipo que chamamos de dor de cabeça tensional ou de tensão."
Analgesia	"Vou lhe prescrever analgésicos. Analgésicos são remédios que aliviam a dor quando ela surgir."
Uncommon episodes	Suas dores de cabeça ocorrem aproximadamente 4 vezes ou menos por mês? _____ tenho dor quatro vezes por mês ou mais.
Holocranial Pain	Dói a cabeça toda? A dor é espalhada pela cabeça? Dói dos dois lados da cabeça? _____ é toda a cabeça que me dói. Sinto dor _____ em toda a cabeça.
Nasal Obstruction	Logo antes ou durante a dor de cabeça, seu nariz entope? Sente o nariz trancado durante as crises de dor de cabeça? _____ meu nariz fica trancado. _____ noto relação entre a dor de cabeça e sentir meu nariz trancado.
Nasal Discharge	Sente o nariz escorrer? Funga ou sente secreção no nariz? _____ noto o nariz escorrer.
Fever	Tem tido febre? Percebeu febre? Por esses dias, _____ tenho me sentido com febre.
Sinusitis	"Parece que você tem sinusite. É uma inflamação de bolsas que temos no rosto onde pode se acumular catarro ou secreção e doer."
Antimicrobians	"Vou lhe prescrever antibióticos. São remédios que combatem a infecção que parece haver."
Profilaxy	"Considerando suas dores serem muito frequentes, vou lhe receitar medicação para tentar que essas dores fiquem mais espaçadas ou não ocorram."

Temporomandibular	"Está me parecendo que a causa das suas dores é um mal funcionamento da articulação da mastigação."
Painful mastication	Quando come algo , sente dor ou desconforto na articulação da mastigação? _____ me dói para mastigar. Eu _____ sinto desconforto ou dor quando mastigo.
Specialist	"Considerando seus sintomas, creio que será necessário lhe encaminhar para um especialista para ele lhe examinar e indicar o tratamento."
Nuchal rigidity	A nuca está dura, de forma que não consegue encostar o queixo no peito? Estou sentindo _____ minha nuca dura.
Imaging Investigation	"Vou lhe solicitar um exame que dará uma imagem (como uma tomografia) para entendermos melhor seu problema."
Seizure	Já houve ocasião de ter convulsão - tremores pelo corpo que não se podia controlar com desmaio ou sem? _____ tive tremores do tipo de ataque epilético.
Diplopy	Tem recentemente tido visão dupla? _____
Aneurysmal History	Alguém na família já teve um vaso dilatado na cabeça que tenha sangrado ou tido de operar? _____
Acute weakness	Teve recentemente falta de força em um braço ou uma perna? _____
Television	Você assiste mais do que três horas de televisão por dia? _____ vejo televisão mais do que todas essas horas.
Excessive food	Você acha que tem comido demais antes de dormir? _____
Neighborhood	Alguém na sua vizinhança tem dores de cabeça parecidas com a sua? _____

Quadro 2. Frases coloquiais atribuídas a cada nodo.

Percentual	Termos sinônimos
[90%-100%	"sempre"; "quase sempre"
[50% - 90%)	"a maioria das vezes"; "boa parte das vezes"
[10-50%)	"poucas vezes"; "algumas vezes"
0-10%)	"nunca"; "quase nunca"; "raramente"

Quadro 3. Extração da resposta a partir da probabilidade do nodo.

Subsequente, o jogador é levado a tomar decisões de investigação suplementar, encaminhamento ao especialista ou realização de prescrição medicamentosa.

## 2.2 Etapa 2 – Modelagem dos casos clínicos

Na Etapa 2, os Casos clínicos são criados pelo professor a partir de redes bayesianas, previamente construídas pelo especialista de domínio. Ao incluir livremente sintomas e sinais disponíveis na rede, o professor propaga as probabilidades, fazendo emergir um ou mais

diagnósticos e suas respectivas condutas, modelando, assim, o caso que será simulado pelos alunos. Os casos clínicos são armazenados na Base de Conhecimentos, sendo compostos pelos nodos selecionados pelo professor que compõem todas as fases do jogo (simulação): investigação, diagnóstico e conduta. Na Base de Conhecimento (Knowledge Base) também podem ser armazenadas informações adicionais sobre o caso clínico, recursos de multimídia (exames por imagem, ausculta e sinais biológicos), bem como dados da ficha (ou prontuário) do paciente.

Segue alguns exemplos de casos clínicos modelados a partir da Diretriz Clínica de Cefaleia no SimDeCS.

a) Case 1: Maria José

A intenção ao modelar esse caso foi criar um personagem feminino com queixas sugestivas de enxaqueca. Ao adicionar dor hemicraniana como presente à rede bayesiana, o valor default de enxaqueca vai de 6.9% (basal) para 55%. Acrescentando-se o sintoma de dor de característica pulsátil, enxaqueca passará para a probabilidade de 89% - já se tornando o diagnóstico preponderante. Outros diagnósticos como cefaleia tensional (16.8%), cluster headache (2.8%), sinusite (5.5%), disfunção de articulação têmporo-mandibular (7.3%). Adicionados ainda alta frequência e fotofobia, a probabilidade expressa na rede para enxaqueca vai à 99%, seguida em segundo plano por cefaleia tensional (16.8%). A conduta esperada é profilaxia (pela frequência das crises), seguida de analgesia e, em segundo plano, encaminhamento ao especialista (neurologista) dada a magnitude dos sintomas. Caso o aluno direcione sua hipótese diagnóstica para o segundo diagnóstico mais provável, o sistema de decisão do diagrama de influências considerará a distância das probabilidades explicitadas pela rede de acordo com os sintomas e sinais modelados para o professor. Caso os diagnósticos sejam próximos em probabilidade (alternativas diagnósticas ou diagnósticos diferenciais), as estratégias pedagógicas escolhidas levarão em conta essa semelhança. Caso

sejam muito discrepantes, as estratégias escolhidas para redirecionar o aluno tenderão a ser mais incisivas.

b) Case 2: Dirceu Cruz

Ao modelar no editor de RB um paciente virtual denominado Dirceu Cruz. A intenção era criar um paciente masculino jovem com queixa de cefaleia tensional. Selecionou-se como presentes os nodos dor holocraniana, obstrução nasal. Propagando-se na rede esses dois sintomas, cefaleia tensional emerge como o diagnóstico mais provável (98%), seguido de muito distante (15%) de sinusite. Como o tratamento esperado para o diagnóstico emergente é analgesia, espera-se essa conduta do aluno.

Esse mesmo caso teve, dentre o grupo de nodos *bogus* possíveis, adicionado “alguém com dor semelhante na vizinhança”. Caso o aluno questione essa variável ao paciente virtual, a rede seria interrogada e devolveria a afirmação positiva, no formato de uma das frases pré-estabelecidas para essa resposta.

c) Case 3: Madison Silva

Teve como sintomas modelados dor pulsátil, descrita como hemicraniana, olho vermelho unilateral e obstrução nasal. O diagnóstico que emerge da rede quando propagados estes sintomas foi de cefaleia em salva (cluster), seguido de enxaqueca. A conduta esperada é analgesia. Contudo, se o aluno optar por diversas outras condutas tais como solicitação de exames de imagem, encaminhamento ao especialista ou então antibióticos, será possível ao agente mediador detectar esse excesso de atitudes desnecessárias pelos pesos relativos atribuídos a cada um dos nodos conduta. Para o jogador, aparecerá mensagem destacando o excessivo consumo de tempo ou dispêndio de recursos onde se esperaria uma solução mais simples.

### 2.3 Etapa 3 – Uso do SimDeCS pelos Alunos

A Etapa 3 corresponde a execução de casos clínicos pelo usuário final (aluno). Neste etapa o Agente Aprendiz interage com os alunos através de um jogo.

O aluno seleciona o caso clínico a ser resolvido e o simulador apresenta um resumo do caso, a ficha do paciente e possibilidades de interagir nas três fases da simulação (Investigação, Diagnóstico e Conduta). Na fase de diagnóstico, quando o aluno faz uma pergunta ao paciente virtual, o simulador consulta a rede propagada pelo professor e obtém uma resposta que expressa de forma coloquial a probabilidade do nodo a que a pergunta se refere.

Nessa forma dialogada, o aluno tem a possibilidade de formular suas hipóteses diagnósticas a partir da seleção de perguntas ao paciente virtual que poderão reforçá-las ou refutá-las. O Agente Aprendiz reúne todas as evidências concretas sobre o status de seu processo de aprendizagem. Com base nessas evidências, o agente Aprendiz elabora e atualiza o modelo do aluno, inferindo a credibilidade (expectativa) que o sistema pode ter sobre o aluno, e também registra o nível de autoconfiança declarada pelo aluno. A autoconfiança do aluno é questionada no início do caso clínico e ao final das fases de investigação, diagnóstico e conduta. A credibilidade é obtida no decorrer de todo o processo de simulação.

Agentes de Domínio e Mediador interagem reforçando o papel do professor no SimDeCS. O Agente de Domínio avalia as decisões tomadas pelo aluno. O resultado é enviado para o Agente Mediador, a fim de coordenar o processo de interação. As interações entre o aluno e SimDeCS são vistos como um processo de negociação pedagógica (PN), em que o Agente Mediador resolve as diferenças fazendo uso de estratégias pedagógicas. O papel do Agente Mediador é mediar as interações entre o aluno (agente Aprendiz) e do professor (agente de Domínio) em cada fase da consulta a um paciente. Este agente utiliza um diagrama de influência para selecionar a estratégia que irá mostrar a melhor utilidade em diferentes momentos da interação. Os parâmetros utilizados são o nível de confiança declarado o aluno,

e a credibilidade (inferido pelo Agente Aprendiz a partir das ações realizadas pelo aluno durante uma Simulação). O diagrama de influência, estratégias pedagógicas e mensagens disparadas ao aluno estão apresentadas em Bez et al (2012) como mostrado na Figura 4.

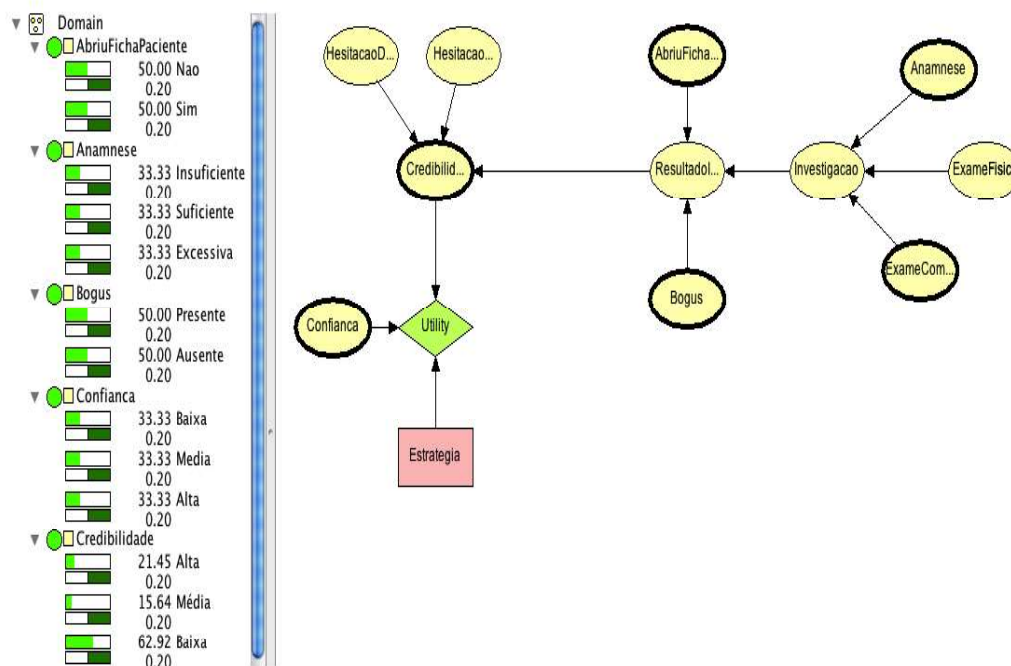


Figura 4. Diagrama de Influência para seleção de estratégia pedagógica.

O Diagrama de Influência é uma variação de rede bayesiana (Pearl, 1988; Flores et al, 2005; An et al, 2007), e o seu objetivo é monitorar em tempo real as ações do aluno e o que seria esperado, diante da análise rede bayesiana que representa a diretriz clínica que está por trás do caso clínico. Dessa comparação emergem estratégias pedagógicas (Flores et al, 2004) (Bez et al, 2012) disparadas para reforçar positivamente o aluno durante a investigação, sugerir correções e, ao final da simulação de um caso clínico, gerar o relatório de desempenho. Entre cada etapa de investigação, diagnóstico e conduta o aluno é solicitado a declarar seu grau de confiança em resolver o caso em questão. Esse grau de autoconfiança modula as intervenções do diagrama de influência, através de estratégias pedagógicas

(Quadro 4). Essas intervenções surgem no jogo como caixas de texto, onde o preceptor faz sugestões ao jogador para melhorar o encaminhamento da simulação.

**QUADRO 4.** Estratégias disponíveis no Diagrama de Influência (Bez et al, 2012)

		<b>CREDIBILIDADE</b>		
		ALTA	MÉDIA	BAIXA
<b>CONFIANÇA</b>	ALTA	Ampliação	Contestação	Contestação
	MÉDIA	Comprovação	Contestação	Orientação
	BAIXA	Apoio	Apoio	Orientação

### **Experimento Piloto**

Utilizamos para fins de análise preliminar do SimDeCS um ambiente de educação a distância em pleno funcionamento e direcionado para profissionais da área da saúde que atuem no campo da Medicina de Família e Comunidade. Objetivamos testar da jogabilidade e demais atributos do simulador, bem como obter uma análise piloto do mesmo comparativamente ao método tradicional de testagem.

Foram convidados 275 médicos de família e comunidade atuantes para participar do experimento. Todos receberam nomes de usuário e senhas individuais para entrarem via internet no ambiente virtual de aprendizagem Moodle onde receberam instruções para a atividade. Os participantes já eram afeitos ao ambiente virtual de aprendizagem Moodle. Lá dispunham da diretriz da Sociedade Brasileira de Medicina de Família e Comunidade sobre cefaleia na íntegra para estudo em formato de texto. Sequencialmente, eram convidados a fazer uma avaliação formal ou jogar no simulador. Tanto a diretriz clínica quanto o acesso ao simulador estavam presentes na sala virtual do Moodle. A avaliação formal, também presente na sala virtual, foi construída usando a ferramenta Hot Potatoes. Esta avaliação formal era composta de 15 questões de múltipla escolha baseadas exclusivamente no conteúdo da diretriz clínica. Esse instrumento está disponível para consulta como material suplementar. A simulação era composta de diversos casos clínicos com a queixa cefaleia em cenário de medicina de comunidade, previamente modelados na rede bayesiana pela interface do

SimDeCs. Os alunos que iniciassem por uma atividade eram sequencialmente orientados a fazer a atividade restante. Tanto o resultado percentual do escore obtido na prova formal quanto o desempenho avaliado pelo simulador eram registrados para o aluno que completasse ambas as etapas.

O primeiro período de acesso ao ambiente virtual para a realização da oficina se deu entre 28 de agosto e 10 de setembro de 2012. As turmas eram divididas em dois grupos e orientadas para fazer a oficina em duas etapas: metade do grupo iniciava pelo estudo da diretriz clínica seguida das questões de múltipla escolha da avaliação formal. A outra metade do grupo principiava pelo estudo da diretriz clínica seguida da simulação. Para o cumprimento dessa etapa tinham o período de 7 a 13 de agosto de 2012. Na etapa seguinte, de 14 a 21 de agosto de 2012 os grupos eram invertidos: quem havia feito a avaliação formal faria a simulação e vice-versa. O objetivo desse cruzamento foi minimizar o viés da segunda etapa ser beneficiada pelos conhecimentos sedimentados com a realização da primeira fase.

Outro período de acesso às salas virtuais foi aberto para integrantes diferentes do mesmo curso a distância entre 28 de agosto até 3 de setembro de 2012 (primeira etapa) e 4 a 10 de setembro de 2012 (segunda etapa, grupos cruzados). Uma terceira e última tentativa de aumentar o número de participantes foi procedida no mês de outubro, de forma similar.

Dos 275 médicos de família atuantes convidados apenas 12 completaram as duas etapas do procedimento. Atribuímos ao fato da participação ser voluntária e ao pretense caráter avaliativo do experimento ter havido tão pouca participação.

Foram comparadas as distribuições das notas da prova formal e do simulador para os médicos que completaram as etapas. Não obtivemos participação suficiente que permitisse avaliação estatística da distribuição das notas de forma gaussiana. Da mesma forma, o pequeno número de participantes não permitiu a comparação do desempenho avaliado pelo simulador e pela prova formal.

## **Conclusão e Discussão**

Entendemos que as redes bayesianas e os diagramas de influência podem ser usados em sistemas de avaliação de aprendizagem na saúde. A rede bayesiana permite, para cenários definidos, simular com boa aproximação o raciocínio clínico e em especial o processo de construção do diagnóstico diferencial. O diagrama de influência, que é uma rede bayesiana modificada para a tomada de decisão, pode prover a ferramenta necessária para gerar conceitos sobre o desempenho do aluno no cenário simulado.

O nosso grupo desenvolveu já outras redes bayesianas abrangendo parasitose e dispepsia, igualmente baseadas em diretrizes clínicas da mesma especialidade médica, aguardando ambientes virtuais como cenários do jogo.

Embora ainda carentes de uma validação formal, acreditamos que os simuladores estruturados em redes bayesianas podem vir a desempenhar um papel importante em objetos de aprendizagem (Flores et al, 2012). Considerando a crescente presença e necessidade de ambientes virtuais de aprendizagem e a defasagem que métodos tradicionais de avaliação têm em tais cenários, mais estudos se tornam necessários para consolidar estas ferramentas como alternativas na educação na saúde.

Os simuladores podem vir a desempenhar um papel para além de jogo sério e ambiente de treinamento. Ao explicitar para o próprio aluno os mecanismos subjacentes e motivações que o levaram a percorrer uma rota em vez de outra, pode produzir uma evolução mais profunda neste mesmo aluno. Educá-lo principalmente a reconhecer padrões de pensamento e atitudes, motivando-o a questionar práticas estabelecidas ou adquirir novas habilidades e estratégias de resolução de problemas. Antevemos isso, por exemplo, na possibilidade ainda não explorada de comparar evolutivamente os registros de estratégias pedagógicas disparadas e seus respectivos motivadores para um mesmo aluno em diferentes

cenários. Ao longo do tempo, a análise evolutiva desses padrões de disparos poderia vir a se constituir de subsídio para conclusões sobre todo o processo de educação do aluno.

Acreditamos que seja necessário proceder-se uma validação do método como alternativa à avaliação formal. Tanto a avaliação do SimDeCS inteiro quanto particularmente da pertinência e adequação das mensagens disparadas a partir do diagrama de influência.

Consideramos que uma validação do método acima descrito poderá vir a ser obtida através da comparação entre o método tradicional (provas escritas formuladas pelo professor, idealmente compostas de questões consideradas fáceis, médias e difíceis para dispersar adequadamente os desempenhos dos alunos) e o simulador. Fatores de confusão a serem controlados seriam a homogeneidade das turmas de alunos e o fato da avaliação sequencial poder induzir um viés decorrente de reforçar o conteúdo para a segunda testagem. Nos parece que uma metodologia ideal para ser aplicada consistirá de turmas homogêneas, que recebessem o conteúdo de forma usual (seja escrito no formato de diretriz seja ministrado como aulas) e depois submetidos à forma tradicional de avaliação e ao simulador. Possivelmente a introdução de randomização para a alocação da forma de avaliação a ser realizada primeiramente, seguida de cruzamento para o método avaliativo faltante, poderia minimizar aquele segundo viés.

O nosso grupo dará continuidade a essa forma de trabalho e pretende em próxima instância abordar a questão temporal. A temporalidade dos relacionamentos entre os nodos das redes bayesianas é conhecida e gerador de problemas na montagem das mesmas por conta de falsos nexos de causalidade (Pearl, 2009). Essa dificuldade já é conhecida e descrita, sendo especialmente importante para redes que expressem esse tipo de relacionamento causal entre variáveis (nodos) ao longo do tempo. Contudo, a múltipla causalidade pode decorrer de contextos onde cada um e vários nodos diferentes têm influência sobre um nodo filho. As contingências estruturais que podem modificar essas influências, se modificadas ao longo do

tempo, tornam mais difícil a representação adequada desse conhecimento na forma de uma rede bayesiana (Pearl, 2009). Muitas das práticas corretas em Medicina têm o momento ideal para serem aplicadas, comportando-se como se houvesse um gradiente de adequação em relação ao tempo que pode ser crescente, decrescente ou irregularmente variável. Um paciente admitido em uma sala de emergência que se beneficia de determinada conduta em tempo hábil, pode ao longo de horas deixar de ter benefício (e potencialmente passar a ter prejuízo) com esta mesma conduta que não foi priorizada no tempo certo. Outro exemplo muito pertinente à área médica é que condutas podem ser organizadas sequencialmente, e a violação dessa sequência ideal pode tornar inadequados passos sucessivos que seriam corretos se cumprida a ordem ideal.

No momento, as nossas redes bayesianas não contemplam o fator temporal na sua análise de desempenho do aluno. Talvez a associação de conceitos de Lógica Fuzzy possa vir a acrescentar instrumentos potencialmente úteis para esse aprimoramento. Muitas das decisões clínicas têm relação temporal. Medidas adequadas na fase inicial de uma patologia podem ser inadequadas em fase tardia, ou vice-versa. Conceitos muito utilizados como febre baixa ou febre alta, por exemplo, podem ter significados de limites imprecisos e variáveis em diferentes cenários. Dessa forma, se poderia ampliar a aplicação do simulador para situações clínicas ainda mais próximas da realidade e abranger hesitações usuais do profissional de forma a aumentar a fidelidade do simulador como ambiente de aprendizado.

### **Referências**

- AN, N.; LIU, J.; BAI, Y. Fuzzy Influence Diagrams: An Approach to Customer Satisfaction Measurement. *Proceedings of the Fourth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*. IEEE, 2007. v. 04, pp. 493-497.
- ANANTHASWAMY, A. *New Scientist*, 2011. Volume 209, Issue 2797, pp 28–31.
- BARROS, P. R. M.; CAZELLA, S. C.; BEZ, M. R.; FLORES, C. D.; DAHMER, A.; MOSMANN, J. B.; MARONI, V.; FONSECA, J. M. Um Simulador de Casos Clínicos Complexos no Processo de Aprendizagem em Saúde. *RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 12, p. 234, 2012.

- BEZ, M. R.; FLORES, C. D.; FONSECA, J. M.; MARONI, V.; BARROS, P. R. M.; VICARI, R. M. Influence Diagram for selection of pedagogical strategies in a multi-agent system learning. In: IBERAMIA - 13th edition of the Ibero-American Conference on Artificial Intelligence, 2012, Cartagena. Anais do IBERAMIA - 13th edition of the Ibero-American Conference on Artificial Intelligence. Berlin: Springer Verlag, 2012. v. 1. p. 1-1.
- BOTEZATU, M., HULT, H; FORS, U. G. Virtual patient simulation: what do students make of it? A focus group study. *BMC Medical Education* 2010 10:91.
- BOTEZATU, M., HULT, H; FORS, U. G. Virtual patient simulation: Knowledge gain or knowledge loss?. *Medical Teacher* 2010 32: 562-568.
- BROOKFIELD, S. D. *The power of critical theory: liberating adult learning and teaching.* Jossey-Bass, San Francisco, 2005.
- DEMO, P. *Professor do futuro e reconstrução do conhecimento.* Petrópolis: Vozes, 2004.
- DRUZDZEL, Marek J.; VAN DER GAAG, Linda C.. Building Probabilistic Networks: Where Do The Numbers Come From? – Guest Editor’s Introduction. In: *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 12(4):481-486, 2000.
- FLORES, C. D.; BEZ, M. R.; RESPICIO, A.; Fonseca, J.M. Training Clinical Decision-Making through Simulation.. In: Hernández, J.E.; Zarate, P.; Dargam, F.; Deliba íc, B.; Liu, S.; Ribeiro, R. (Org.). *Training Clinical Decision-Making through Simulation..*1ed. Londres: Springer, 2012, v. 121, p. 59-73.
- FLORES, C. D., GLUZ, J. C., SEIXAS, L., VICCARI, R. M. (2004) *Amplia Learning Environment: A Proposal for Pedagogical Negotiation.* In: *Proceedings of 6th International Conference on Enterprise Information Systems.* Porto, Portugal, INSTICC, Vol. IV, pp. 279-286.
- FLORES, C.D., SEIXAS, L., GLUZ, J. C., PATRÍCIO, D., GIACOMEL, F., GONÇALVES, L., VICARI, R.M. (2005) *AMPLIA Learning Environment Architecture.* In: *13th International Conference on Computers in Education (ICCE2005),* Singapura. *Towards Sustainable and Scalable Educational Innovations Informed by the Learning Sciences.* Tokyo:IOS Press, p. 662-665. 10.
- FLORES, C. D.; SEIXAS, L.; GLUZ, J. C.; VICARI, R. M. A Model of Pedagogical Negotiation. In: *Multi-Agent Systems: Theory And Applications Workshop - MASTA, 2005, Covilhã. 12th Encontro Português de Inteligência Artificial - EPIA 2005.* Berlin: Springer Verlag, 2005. v. 1.
- FORTE, M., SOUZA, W. L. de, PRADO, A. F. *Portfólio Eletrônico Ubíquo no Aprendizado de Medicina.* In: *XII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde (CBIS 2010), 2010, Porto de Galinhas-PE. XII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde (CBIS 2010).* São Paulo: Sociedade Brasileira de Informática em Saúde, 2010. p. 1-6.
- HIGGS, J.; JONES, M. A.; LOFTUS, S.; CHRISTENSEN, N. *Clinical reasoning in the health professions.* Elsevier. 3.ed. 2008.
- HOLZINGER, A.; KICKMEIER-RUST, M. D.; WASSERTHEURER, S.; HESSINGER, M. Learning performance with interactive simulations in medical education: Lessons learned from results of learning complex physiological models with the HAEMOdynamics SIMulator. *Computer and Education*, 2009. 52, 292–301.
- JAAKKOLA, T.S.; JORDAN, M.I. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 1999. 10, 291-322.
- MCLAUGHLIN, S.; FITCH, M.; GORDON, J. Simulation in graduate medical education 2008: a review for emergency medicine. *Academic Emergency Medicine: Official Journal Of The Society For Academic Emergency Medicine.* November 2008;15(11):1117-1129.
- NIEDERMAYER, Daryle. *An Introduction to Bayesian Networks and Their Contemporary Applications.* In: *Innovations in Bayesian Networks.* Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 117-130, 2008.

- ORTON, E.; MULHAUSEN, P. E-learning virtual patients for geriatric education. *Gerontology & Geriatrics Education*. 2008. 28(3):73-88. Ipswich, MA.
- PEARL, J. (1988) Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems. Elsevier. V. 1. 2 ed. p.552.
- PEARL, J. (2009) Causality. Cambridge - USA. First edition, p 56.
- PINTO, M.E.B.; WAGNER, H.L.; KLAFKE, A.; RAMOS, A. Diagnóstico e Tratamento das cefaléias em adultos na Atenção Primária à Saúde. Sociedade Brasileira de Medicina de Família e Comunidade. Diretrizes. Atualizada em 18/12/2012. Disponível em <http://www.sbmfc.org.br/media/file/diretrizes/cefaleia.pdf>
- REDWOOD-CAMPBELL, L., B. PAKES, K. ROULEAU, C. J. MACDONALD, N. ARYA, E. PURKEY, K. SCHULTZ, R. DHATT, B. WILSON, A. HADI and K. POTTIE (2011). "Developing a curriculum framework for global health in family medicine: emerging principles, competencies, and educational approaches." *BMC Med Educ* 11: 46.
- SCHWARTZ, A.; ELSTEIN, A. S. Clinical reasoning in medicine. In: *Clinical Reasoning in the Health Professions*. Elsevier. 3. Ed. 2008.
- SIMEL, D. L. Chapter 6 – Approach To The Patient: History And Physical Examination. In: *Cecil Medicine*. Saunders Elsevier, 23rd Edition, 2007.
- SMITH, S. J.; ROEHRS, C. J. (2009). High-fidelity simulation: Factor correlated with nursing student satisfaction and self-confidence. *Nursing Education Perspectives*, 30(2), 77-78.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE MEDICINA DE FAMÍLIA E COMUNIDADE. Diretrizes. Rio de Janeiro. Atualizada em 18/12/2012. Disponível em <http://www.sbmfc.org.br/media/file/diretrizes/cefaleia.pdf>
- SWANWICK, T. (Ed.). *Understanding medical education: Evidence, theory and practice*. Oxford: Wiley-Blackwell. 2010.
- VICARI, R; FLORES, C. D.; SILVESTRE, A; SEIXAS, L; LADEIRA, M; COELHO, H . A multiagent intelligent environment for medical knowledge. *Artificial Intelligence in Medicine*, Elsevier Science, v. 27, n.1, p. 335-366, 2003.

## APÊNDICES

## **Apêndice I – EXPERIMENTO PILOTO – DESCRIÇÃO DA OFICINA**

Utilizamos para fins de análise preliminar do SimDeCS um ambiente de educação a distância em pleno funcionamento e direcionado para profissionais da área da saúde que atuem no campo da Medicina de Família e Comunidade. Objetivamos testar a jogabilidade e demais atributos do simulador, bem como obter uma análise piloto do mesmo comparativamente ao método tradicional de testagem.

Foram convidados 275 médicos de família e comunidade atuantes para participar do experimento. Todos receberam nomes de usuário e senhas individuais para entrarem via internet no ambiente virtual de aprendizagem Moodle onde receberam instruções para a atividade (APÊNDICE II). Os participantes já eram afeitos ao ambiente virtual de aprendizagem Moodle. Lá dispunham da diretriz da Sociedade Brasileira de Medicina de Família e Comunidade sobre cefaleia na íntegra para estudo em formato de texto. Sequencialmente, eram convidados a fazer uma avaliação formal ou jogar no simulador. Tanto a diretriz clínica quanto o acesso ao simulador estavam presentes na sala virtual do Moodle. A avaliação formal, também presente na sala virtual, foi construída usando a ferramenta Hot Potatoes (APÊNDICE IV). Esta avaliação formal era composta de 15 questões de múltipla escolha baseadas exclusivamente no conteúdo da diretriz clínica. Estas questões estavam distribuídas em grupos de 5 para dificuldade maior, média e baixa. Abrangiam de forma ampla a diretriz, abordando os aspectos de apresentações clínicas típicas, diagnósticos diferenciais, critérios de encaminhamento ao especialista, indicação de exames complementares, tratamentos (farmacológico ou não) e indicações de profilaxia.

O simulador era jogado integralmente via web, com o link de acesso fornecido a partir da sala virtual (APÊNDICE III). Os alunos que iniciassem por uma atividade eram sequencialmente orientados a fazer a atividade restante. Tanto o resultado percentual do

escore obtido na prova formal quanto o desempenho avaliado pelo simulador eram registrados para o aluno que completasse ambas as etapas.

O primeiro período de acesso ao ambiente virtual para a realização da oficina se deu entre 28 de agosto e 10 de setembro de 2012. As turmas eram divididas em dois grupos e orientadas para fazer a oficina em duas etapas: metade do grupo iniciava pelo estudo da diretriz clínica seguida das questões de múltipla escolha da avaliação formal. A outra metade do grupo principiava pelo estudo da diretriz clínica seguida da simulação. Para o cumprimento dessa etapa tinham o período de 7 a 13 de agosto de 2012. Na etapa seguinte, de 14 a 21 de agosto de 2012 os grupos eram invertidos: quem havia feito a avaliação formal faria a simulação e vice-versa. O objetivo desse cruzamento foi minimizar o viés da segunda etapa ser beneficiada pelos conhecimentos sedimentados com a realização da primeira fase.

Outro período de acesso às salas virtuais foi aberto para integrantes diferentes do mesmo curso a distância entre 28 de agosto até 3 de setembro de 2012 (primeira etapa) e 4 a 10 de setembro de 2012 (segunda etapa, grupos cruzados). Uma terceira e última tentativa de aumentar o número de participantes foi procedida no mês de outubro, de forma similar.

Dos 275 médicos de família atuantes convidados apenas 12 completaram as duas etapas do procedimento. Atribuímos ao fato da participação ser voluntária e ao pretense caráter avaliativo do experimento ter havido tão pouca participação.

Foram comparadas as distribuições das notas da prova formal e do simulador para os médicos que completaram as etapas. Não obtivemos participação suficiente que permitisse avaliação estatística da distribuição das notas de forma gaussiana. Da mesma forma, o pequeno número de participantes não permitiu a comparação do desempenho avaliado pelo simulador e pela prova formal.

## Apêndice II – TELAS DA SALA VIRTUAL

Curso: SimDeCS - Grupo 1 - moodle2.ufcspa.edu.br/course/view.php?id=121

Você acessou como João Marcelo Lopes Fonseca (Sair)

**UNA-SUS**  
**UFCSPA**

SAÚDE DA FAMÍLIA

MINISTÉRIO DA SAÚDE

Una-SUS/UFCSPA SimDeCS - Grupo 1 - Oficina Mudar função para... Ativar edição

**Participantes**

Participantes

**Atividades**

Atividades Hot Potatoes  
Fóruns  
Recursos

**Pesquisar nos Fóruns**

Pesquisa Avançada Vai

**Administração**

Ativar edição  
Configurações  
Designar funções  
Notas  
Grupos

**Programação**

Prezado aluno,

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa que tem por objetivo **"Validar o uso de um simulador, o SimDeCS, como Método de Avaliação do Aprendizado de Diretrizes Clínicas em Ensino à Distância para Medicina de Família e Comunidade"**.

Esta validação se dará a partir da comparação do desempenho de uma turma de alunos pelos métodos da avaliação formal (questões de múltipla escolha) e através de um jogo que simula o atendimento a um(a) paciente em uma UBS.

Para participar desta pesquisa você será incluído aleatoriamente em um dos dois grupos criados:

- PRIMEIRO GRUPO: iniciará a oficina resolvendo 4 casos clínicos a partir do SimDeCs, para então depois resolver as questões de múltipla-escolha que compõe a avaliação formal;
- SEGUNDO GRUPO: iniciará pela avaliação com questões de múltipla escolha, para depois resolver os 4 casos clínicos no

**Últimas Notícias**

Acrescentar um novo tópico...

4 Set, 11:50  
Administrador Usuário  
Segunda Etapa da Oficina do SimDeCS mais...

31 Ago, 22:47  
João Marcelo Lopes Fonseca  
Inteligência mais...

26 Ago, 10:23  
Administrador Usuário  
Oficina para Avaliação do SimDeCS mais...

Tópicos antigos ...

**Próximos Eventos**

Não há nenhum evento próximo

Calendário...  
Novo evento...

Iniciar para Anexos Curso: SimDeCS - Gru... Moodle em telas - Mic... 18:28

Curso: SimDeCS - Grupo 1 - moodle2.ufcspa.edu.br/course/view.php?id=121

Para participar desta pesquisa você será incluído aleatoriamente em um dos dois grupos criados:

- PRIMEIRO GRUPO: iniciará a oficina resolvendo 4 casos clínicos a partir do SimDeCS, para então depois resolver as questões de múltipla-escolha que compõe a avaliação formal;
- SEGUNDO GRUPO: iniciará pela avaliação com questões de múltipla escolha, para depois resolver os 4 casos clínicos no SimDeCS. Você poderá escolher os casos clínicos que desejar dentre as diversas opções para totalizar pelo menos 4 casos.

O acesso ao simulador se dará a partir de um link, onde será solicitado o fornecimento de usuário e senha que são iguais, formados pelo e-mail que você cadastrou moodle até o "@".

Salientamos que o desempenho de cada aluno será CONFIDENCIAL e de conhecimento apenas dos pesquisadores responsáveis.

As pessoas participantes da pesquisa não serão identificadas em nenhum momento, mesmo quando os resultados desta pesquisa forem divulgados em qualquer formato de comunicação.

As etapas para a conclusão da atividade são:

1. Ler a diretriz clínica sobre Cefaleia
2. Responder a avaliação de múltipla escolha composta por 15 (quinze) questões
3. Utilizar o simulador SimDeCS, resolvendo 4 (quatro) casos clínicos de sua escolha

(etapa 2 e 3 intercambiáveis, conforme a ordem designada para você)

Fórum de notícias

**Período: 28 de agosto a 10 de setembro de 2012**

Próximos Eventos  
Não há nenhum evento próximo.  
Calendário...  
Novo evento...

Calendário  
março 2013

Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

Seleção de Eventos  
Global Curso  
Grupo Usuário

Administração  
Ativar edição  
Configurações  
Designar funções  
Notas  
Grupos  
Backup  
Restaurar  
Importar  
Reconfigurar  
Relatórios  
Perguntas  
Arquivos  
Cancelar a minha inscrição no curso  
SimDeCS - Grupo 1 - Oficina  
Perfil

Meus cursos  
SimDeCS - Grupo 1 - Oficina  
SimDeCS - Grupo 2 - Oficina  
Todos os cursos ...

Iniciar para Anexos Curso: SimDeCS - Gru... Moodle em telas - Mic... PT 18:28

Curso: SimDeCS - Grupo 1 - moodle2.ufcspa.edu.br/course/view.php?id=121

**1**


**ETAPA 1 - Estudo da Diretriz Clínica publicada pela SBMFC.**

**Diagnóstico e Tratamento do Adulto com Cefaléia pelo MFC**

Autores:

- Hamilton Lima Wagner,
- Maria Eugênia Pinto,
- André Klafke,
- Adriane M. Ramos

Recomendamos que você leia e estude a diretriz clínica acessível no link logo abaixo. Nela você encontrará as principais características epidemiológicas do problema Cefaléia ao nível de Atenção Básica, apresentações clínicas, indicações de tratamentos não farmacológico, farmacológico e profilaxia.

 Diretriz Clínica sobre Diagnóstico e Tratamento do Adulto com Cefaléia pelo MFC

**2**

**ETAPA 2 - Avaliação por Questões de Múltipla Escolha**

Nesta etapa, você terá a oportunidade de testar seus conhecimentos sobre a diretriz clínica de cefaleia da SBMFC utilizando o método de questões de múltipla escolha. Esperamos que já a tenha lido previamente a diretriz clínica de Cefaléia. Se não, ela está disponível para leitura aqui (link para o pdf).

Todas as questões (total 15) são de múltipla escolha, com apenas uma resposta correta. Ao escolher sua alternativa, você terá o retorno imediato quanto ao seu acerto ou não, podendo haver uma breve justificativa do mesmo.

**\*\*\* ATENÇÃO \*\*\***

**Como se trata de uma avaliação formal, não será permitida mais de uma tentativa. Logo, sugere-se que o aluno estude a**

Iniciar para Anexos Curso: SimDeCS - Gru... Moodle em telas - Mic... PT 18:29

Curso: SimDeCS - Grupo 1 - moodle2.ufcspa.edu.br/course/view.php?id=121

Yahoo! Gmail EndNote UFCSIPA Tecnologia da Informa... Moodle - UFCSIPA Moodle - UFRGS HCPA GHC SBIS Oubros Favoritos

**\*\*\* ATENÇÃO \*\*\***

**Como se trata de uma avaliação formal, não será permitida mais de uma tentativa. Logo, sugere-se que o aluno estude a Diretriz Clínica antes de responder as questões.**

**Período: 28 de agosto a 3 de setembro de 2012**

[Questões de múltipla-escolha sobre Cefalêia](#)

3

**ETAPA 3 - Bem vindo ao SimDeCS!**

Neste jogo de simulação, você terá a oportunidade de testar seus conhecimentos sobre a diretriz clínica de cefaleia da SBMFC. Esperamos que já a tenha lido previamente. Se não, ela está disponível para leitura aqui ([link para o pdf](#)).

Na tela inicial, logo após utilizar o nome de usuário e senha fornecida você terá o seu consultório e a lista dos pacientes. Depois de escolher clicando no nome do paciente que mais lhe interessar, use as setas do canto superior direito para dar início à simulação.

No canto superior direito você poderá:

- Usando o botão 1 (INVESTIGAÇÃO), escolher quais perguntas são pertinentes para a elucidação da queixa do paciente; caso haja algum sinal físico ou o paciente traça algum resultado de exame, também estará disponível aí.
- Usando o botão 2 (DIAGNÓSTICO), explicar para o paciente qual o diagnóstico que você estabeleceu quando estiver seguro disso;
- Usando o botão 3 (CONDUTA), prescrever ou solicitar o que achar adequado para aquele paciente.
- Utilizando o Menu central optar por declarar finalizado seu atendimento, trocar de paciente ou sair do simulador.

Iniciar para Anexos Curso: SimDeCS - Gru... Moodle em telas - Mic... PT 18:29

Curso: SimDeCS - Grupo 1 - moodle2.ufcspa.edu.br/course/view.php?id=121

Utilizando o Menu central optar por declarar finalizado seu atendimento, trocar de paciente ou sair do simulador.

Lembre-se:

- A qualquer momento na simulação você pode clicar no canto superior direito e consultar o histórico do paciente com as informações disponíveis sobre ele no registro da UBS.
- Antes e após cada uma das etapas, será automaticamente perguntado a você seu grau de confiança em resolver adequadamente a simulação.
- O Dr. José, experiente médico de família, está encarregado de supervisionar seu atendimento, mas ele irá intervir apenas quando achar necessário.

Ao finalizar seu atendimento no Menu Central, o Dr. José vai lhe dar um sumário do atendimento com comentários.

Dois lembretes IMPORTANTES:


- Lembre-se de atender ao menos QUATRO pacientes!
- Lembre-se que seu atendimento só está completo quando escolher no Menu "FINALIZAR ATENDIMENTO"

Abaixo, preparamos um link para um manual online para consulta com as telas do simulador, se você precisar de alguma ajuda durante o jogo. Se consultando esse manual você ainda tiver alguma dúvida, envie-a para o email de suporte que tentaremos lhe responder em algumas horas.

**suportesimdecsg@gmail.com**

Bom atendimento!

**Período: 4 a 10 de setembro de 2012**

 Orientações básicas para uso do Simulador de Casos Clínicos - SimDeCS

Iniciar para Anexos Curso: SimDeCS - Gru... Moodle em telas - Mic... PT 18:29


Curso: SimDeCS - Grupo 1 - moodle2.ufcspa.edu.br/course/view.php?id=121

com as telas do simulador, se você precisar de alguma ajuda durante o jogo. Se consultando esse manual você ainda tiver alguma dúvida, envie-a para o email de suporte que tentaremos lhe responder em algumas horas.


**suportesimdecsg@gmail.com**

Bom atendimento!

**Período: 4 a 10 de setembro de 2012**

 Orientações básicas para uso do Simulador de Casos Clínicos - SimDeCS

**Acesso ao SimDeCS:**

 SimDeCS

4

**AGRADECIMENTO**

Agradecemos a sua participação neste projeto de avaliação do SimDeCS e nos comprometemo a divulgar os resultados obtidos nesta pesquisa.

Forte abraço,

Cecilia Dias Flores

Coordenadora do projeto SimDeCS.

Você acessou como João Marcelo Lopes Fonseca (Sair)

[Home Page](#)

Iniciar para Anexos Curso: SimDeCS - Gru... Moodle em telas - Mic... PT 18:30

## Apêndice III – MANUAL DO SIMDECS

### Orientações básicas para uso do Simulador de Casos Clínicos –

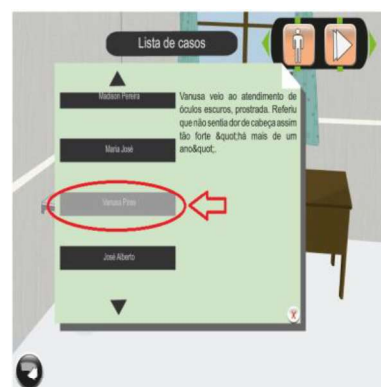
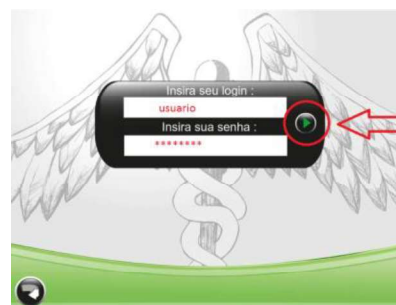
#### SimDeCs

O simulador é um aplicativo a ser utilizado via internet, não havendo necessidade de instalação de aplicativos adicionais, bastando apenas um Browser com Player para Flash.



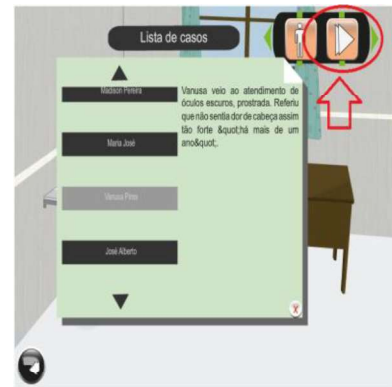
Uma vez que se tenha acesso ao aplicativo, será apresentada sua tela inicial, onde o usuário deve clicar sobre o botão “*Iniciar*”.

Aparecerá uma tela onde serão solicitados dados de autenticação (previamente distribuídos) onde deverá ser informado o código de usuário e senha, conforme é apresentado na figura ao lado. Utilize o mouse para posicionar o cursor em cada campo para a digitação. Após inserção dos dados de usuário e senha, pressione a seta verde localizada a direita dos dados informados.



Após o processo de validação do usuário e senha, será apresentada uma lista de casos, conforme figura ao lado, que poderão ser simulados na ferramenta. Para selecionar um caso pressione o mouse sobre o nome do paciente apresentado na lista de casos. Para cada caso selecionado, é apresentada uma breve síntese, servindo como informação inicial para o aluno.

Após a escolha do caso, pressione a seta apresentada para iniciar a simulação, conforme figura apresentada ao lado.



Consequentemente é apresentada uma tela, conforme figura abaixo, com a breve descrição inicial do paciente selecionado.



Após leitura das informações do paciente, deve ser pressionado o botão de fechamento da janela (situado no canto inferior, no lado direito, representado por um **X** vermelho).



Neste momento é solicitado ao usuário, que defina seu grau de confiança em realizar o caso, ou seja, o quanto esse se sente apto a conduzir uma simulação correta.

Logo após sua definição, o usuário dá início à investigação do caso. Para isso deve ler o histórico clínico do paciente, que fica localizado no canto superior (representado por um boneco), do lado direito, conforme figura apresentada ao lado.



Após sua leitura, o usuário pode finalizar essa fase, pressionando o botão representado pelo X vermelho, conforme imagem ao lado. O usuário pode, se sentir necessário, voltar a ficha do paciente, quantas vezes desejar.

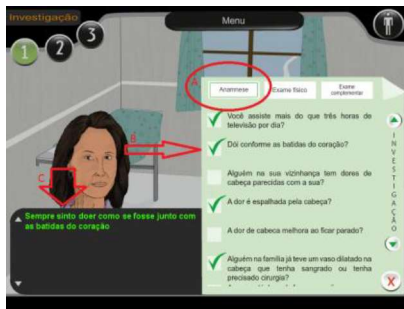


A simulação, a partir desse momento, é dividida em 03 etapas (Investigação, Diagnóstico e Conduta).

Para selecionar o processo de investigação, o usuário deve clicar no botão de número 1.

Após sua seleção, é apresentada uma janela com processo de investigação, que possibilita ao aluno realizar a Anamnese, Exames físicos e solicitar Exames complementares (quando inseridos no caso).





Selecionando a anamnese (A), é apresentada uma lista com todas as perguntas possíveis para o caso em questão. A cada questão selecionada (B), a resposta do paciente é apresentada (C) para que seja

analisada. O usuário pode realizar quantas perguntas julgar necessárias. (este processo se repete para Exames Físicos e Exames Complementares). O mesmo procedimento ocorre para os exames físicos e complementares.



Para encerrar a etapa de investigação, o usuário deve clicar no botão que apresenta um **X** em vermelho.

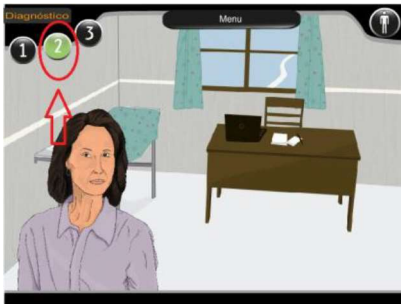


Logo após é solicitado novamente que o usuário defina seu grau de confiança em relação a investigação, ou seja, o quão seguro está em resolver o caso a partir das perguntas e exames selecionadas.

Neste momento o Mediador (um agente pedagógico auxiliar) pode apresentar alguma observação, que deve ser levada em consideração, pois pode ajudá-lo a seguir a simulação.

Após a leitura da mensagem, esta fase pode ser encerrada conforme imagem apresentada ao lado.



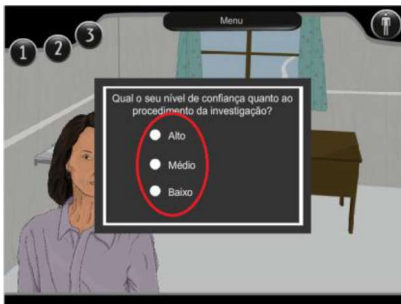


Para dar início a próxima etapa, o usuário deve selecionar a fase de Diagnóstico, representada pelo número 2, conforme é apresentado na figura ao lado.

Nesta etapa é apresentado ao usuário uma nova lista com os diagnósticos possíveis (A). Após seleção é apresentado um texto detalhado o diagnóstico selecionado. Para escolher outro diagnóstico, é necessário primeiro desmarcar o anterior, ou seja, o sistema admite somente um diagnóstico selecionado por vez.

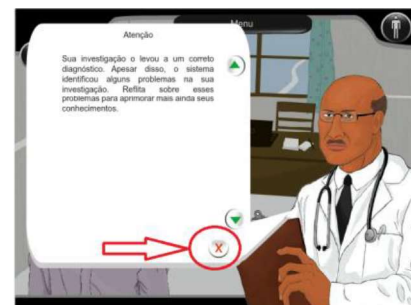


Para encerrar a etapa de Diagnóstico, o usuário deve clicar no **X** vermelho.

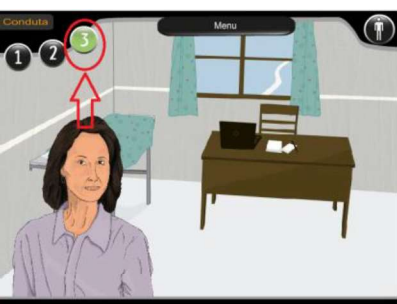


Logo após é solicitado que o Jogador defina seu grau de confiança no diagnóstico selecionado, para seguir à próxima etapa.

Novamente poderá ocorrer uma interferência do mediador, passando alguma orientação sobre o diagnóstico selecionado, possibilitando que seja revista



alguma das opções anteriormente selecionadas. Para fechar a mensagem, clique no **X** vermelho.



Para passar para próxima etapa o usuário deve selecionar a opção Conduta, representada pelo número 3.

Nesta etapa é apresentado uma lista contendo as condutas possíveis (A), e uma breve explicação sobre a conduta selecionada(B). Para finalizar esta etapa basta encerrar o processo(C). O usuário pode selecionar tantas condutas quanto achar necessário para o caso. Para encerrar a fase da conduta,



basta clicar no X vermelho, como apresentado na figura ao lado.



Logo após é solicitado que o usuário defina seu grau de confiança na(s) conduta(s) selecionada(s).

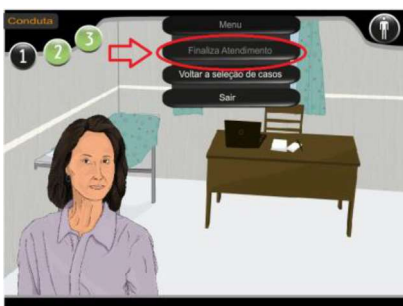
Cabe ressaltar que o usuário pode retornar a qualquer fase do atendimento, seja relendo a ficha do

paciente ou revendo as opções selecionadas na investigação, diagnóstico ou consulta.

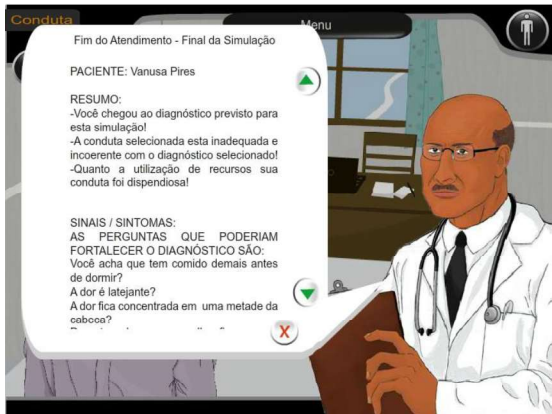
Para encerrar a simulação (fechando o atendimento), o usuário deve selecionar o **Menu**, situado na parte central superior e escolher a opção

**Finaliza Atendimento.** como apresenta a

figura ao lado.



Nesse menu o usuário tem ainda a opção de Voltar para a seleção de casos diretamente, ou sair do simulador.



Na finalização do atendimento, será apresentado um breve resumo com uma série de informações sobre simulação realizada, conforme imagem abaixo. Nesse resumo o usuário poderá acompanhar os passos que seguiu para chegar ao diagnóstico e conduta, bem como, em caso de erros,

quais as opções que seriam corretas. Através das setas o usuários poderá navegar para visualizar todas as informações apresentadas.

Desejamos que o uso do simulador seja uma boa experiência e possa contribuir para o aprendizado na área ou caso de estudo escolhido.

Em caso de dúvidas ou sugestões, entre em contato com o grupo de pesquisa do SimDeCS pelo email [suportessimdecs@gmail.com](mailto:suportessimdecs@gmail.com).

## Apêndice IV – AVALIAÇÃO FORMAL

Consistia de quinze questões objetivas, divididas em grupos de 5 para dificuldade maior, média e baixa.

Ampla abrangência da diretriz abordando os assuntos de apresentações clínicas típicas, diagnósticos diferenciais, critérios de encaminhamento ao especialista, indicação de exames complementares, tratamentos (farmacológico ou não), indicações de profilaxia.

Exemplo de tela da atividade Hot Potatoes inclusa na sala virtual do Moodle, bem como a transcrição na íntegra do instrumento constando as mensagens que o usuário visualizava como retorno.

SimDeCS - Grupo 1 - Oficina

moodle2.ufcspa.edu.br/mod/hotpot/view.php?id=5757

UNA-SUS  
UFCSPA

MINISTÉRIO DA SAÚDE

UNA-SUS/UFCSA > SimDeCS - Grupo 1 - Oficina > Atividades Hot Potatoes > Questões de múltipla escolha sobre Cefaleia

Atualizar Atividade Hot Potatoes

**Proposta de avaliação "formal" para o Módulo de Estudo da Diretriz Clínica Cefaleias da SBMF**

Mostrar todas as perguntas

1 / 15 Próxima

Embora se estime ser a prevalência de cefaleia tensional a maior na população em geral, o tipo de cefaleia mais comum de ser encontrada em um paciente que procure atendimento médico é:

A.  Sinusite

B.  Enxaqueca

C.  Cefaleia em salvas

D.  Disfunção da articulação têmporo-mandibular

Iniciar SimDeCS - Grupo 1 - ... PT 18:47

### Questão 1

Embora se estime ser a prevalência de cefaleia tensional a maior na população em geral, o tipo de cefaleia mais comum de ser encontrada em um paciente que procure atendimento médico é:

- a. Sinusite
- b. Enxaqueca
- c. Cefaleia em salvas
- d. Disfunção da articulação têmporo-mandibular

Resposta: b; nível de dificuldade médio.

Justificativa: Na população de pacientes que procuram atendimento por cefaleia, a enxaqueca é o diagnóstico mais prevalente.

---

### Questão 2

Assinale a alternativa INCORRETA no contexto do atendimento do Médico da Atenção Básica à Saúde para o paciente com queixa de cefaleia:

- a. Priorizar o diagnóstico e orientação ao tratamento farmacológico
- b. Levar em consideração o impacto da queixa na qualidade de vida dos pacientes
- c. Indicar a tomografia computadorizada de crânio considerando sua custo-efetividade na triagem inicial da queixa
- d. Procurar identificar através da investigação básica (anamnese e exame físico) evidências que diferenciem a queixa como primária ou secundária, visando identificar sinais e sintomas de alerta que possam indicar encaminhamento ao especialista

Resposta: c; nível de dificuldade baixo

---

Justificativa: A indicação de tomografia computadorizada de crânio na atenção primária é uma estratégia pouco robusta para os casos que não apresentem critérios específicos de investigação complementar.

---

### Questão 3

Com relação às cefaleias do tipo enxaqueca é INCORRETO afirmar:

- a. A fotofobia é o sintoma que melhor caracteriza isoladamente o quadro clínico de enxaqueca
- b. Iniciam-se predominantemente na faixa etária do adulto jovem
- c. Seu rastreamento pode adequadamente ser feito a nível ambulatorial com informações de anamnese
- d. Ser mais comum em mulheres

Resposta: a; nível de dificuldade médio

Justificativa: A náusea é o sintoma isolado que melhor caracteriza o quadro clínico de enxaqueca.

---

### Questão 4

Não deve ser considerada como causa de cefaleia:

- a. Erros de refração
- b. Distúrbios de oclusão da mandíbula
- c. Sinusite crônica
- d. Sinusite aguda

Resposta: c ; nível de dificuldade médio

---

Justificativa: Apenas episódios agudos de sinusite se apresentam com dor. A sinusite crônica não pode ser considerada causa de cefaleia exceto se agudizados os sintomas.

---

#### Questão 5

Paciente de 36 anos, masculino, auxiliar de escritório e tabagista, descrevendo no primeiro atendimento cefaleia de início súbito, hemicraniana, acompanhado de enantema conjuntival e secreção nasal hialina, apresenta mais provavelmente:

- a. Enxaqueca comum
- b. Cefaléia tensional
- c. Sinusite aguda
- d. Cefaléia em salva

Resposta: d ; nível de dificuldade médio

Justificativa: Cefaléia em salva (cluster) é mais comum no sexo masculino e os sintomas tendem a iniciar aos 30 anos. A dor é caracteristicamente unilateral, predominantemente retro-orbital ou temporal e com sinais autonômicos do mesmo lado afetado.

---

#### Questão 6

Mulher de 32 anos procura atendimento na Unidade Básica de Saúde apresentando cefaleia holocraniana de início há cerca de 3 semanas, intermitente porém intensa. Não usou analgésicos. Refere falecimento precoce de mãe por sangramento cerebral em faixa etária similar a dela e evento hemorrágico cerebral recente em tia. Para esta paciente, é conduta mais adequada é:

- a. Manejo verbal e farmacológico da ansiedade

- b. Encaminhar para exame de imagem (tomografia computadorizada) e avaliação por neurologista
- c. Analgesia com sumatriptano em caso de crise recorrente
- d. Na ausência de alteração no exame físico neurológico, prescrever anti-inflamatórios não esteroides e reavaliar

Resposta: b; nível de dificuldade alto

Justificativa: A existência de familiares com história positiva para aneurisma é uma das indicações de exame de imagem como tomografia de crânio no atendimento de cefaleias.

---

#### Questão 7

No tratamento farmacológico da cefaleia tensional, dependendo do contexto clínico pode haver utilidade para os seguintes grupos farmacológicos, EXCETO:

- a. Benzodiazepínicos
- b. Antidepressivos tricíclicos
- c. Analgésicos
- d. Anti-inflamatórios não esteróides

Resposta: a; nível de dificuldade alto

Justificativa: Benzodiazepínicos não fazem parte das indicações farmacológicas para manejo de cefaleia no nível da atenção primária.

---

#### Questão 8

Sobre as medidas não farmacológicas para tratamento de cefaleias em geral, está INCORRETA a afirmação:

- a. É útil afastar alimentos que o paciente sabidamente correlaciona com o início das crises
- b. Orientações sobre qualidade de sono podem ser de utilidade
- c. Ioga, “biofeedback” e relaxamento têm efeito cumulativo, devendo ser recomendadas em conjunto aos pacientes
- d. Higiene ambiental (como evitar ambientes ruidosos ou luminosidade intensa) são de utilidade para redução de cefaleias em geral e em especial as do tipo enxaquecosas

Resposta: c; nível de dificuldade baixo

Justificativa: embora trabalhos clínicos tenham mostrado efetividade de Ioga, “biofeedback” e relaxamento no tratamento de cefaleia, não se demonstrou efeito cumulativo entre elas, devendo-se levar em conta o gosto e disposição do paciente na escolha entre eles.

---

#### Questão 9

Para o manejo agudo de uma crise de enxaqueca, NÃO está adequado prescrever:

- a. Ácido acetil salicílico
- b. Amitriptilina
- c. Dipirona
- d. Diclofenaco de sódio

Resposta: b ; nível de dificuldade baixo

Justificativa: Antidepressivos tricíclicos como amitriptilina tem indicação na profilaxia de crises recorrentes, não no tratamento agudo das mesmas.

---

## Questão 10

Sobre profilaxia de crises de enxaqueca, analise as afirmações abaixo:

I – Alternativas farmacológicas para profilaxia podem ser triptanos, antidepressivos tricíclicos ou ácido valpróico

II – Está indicada para pacientes com mais de quatro crises ao mês

III – Ácido valpróico deve ser preferido em relação a outras drogas para mulheres em idade fértil para evitar os efeitos teratogênicos dos demais fármacos

Estão corretas as alternativas:

- a. Apenas I
- b. Apenas II
- c. Apenas I e III
- d. Todas

Resposta: b; nível de dificuldade alto

Justificativa: Triptanos são adequados para manejo agudo das crises, não para profilaxia. Ácido valpróico, medicação adequada para profilaxia, deve ser usado com cautela em mulheres de idade fértil por potencial efeito teratogênico.

---

## Questão 11

No tratamento da cefaleia em salva, está CORRETO afirmar:

- a. As medicações usadas para profilaxia são do grupo dos corticoides e dos bloqueadores de canal de cálcio
- b. Triptanos, diferentemente das enxaquecas clássicas, não são alternativas para o tratamento da crise

c. Oxigênio suplementar pode ser desencadeante de crise

d. Ergotamina deve ser preferida em pacientes que sejam cardiopatas por seu efeito vasodilatador concomitante

Resposta: a ; nível de dificuldade alto

Justificativa: Para cefaleia em salva (cluster), tanto corticoides quanto bloqueadores de canal de cálcio podem ser utilizados para profilaxia de crises recorrentes.

---

Questão 12:

Para um paciente com dor em hemiface, piorada com mastigação e ausência de febre, NÃO está correto propor:

a. Analgesia

b. Encaminhamento ao odontólogo

c. Esclarecimento sobre a provável origem dos sintomas

d. Antibióticos

Resposta: d ; nível de dificuldade baixo

Justificativa: diante de um diagnóstico provável de dor oriunda de disfunção da articulação têmporo–mandibular, antibióticos não tem indicação.

---

Questão 13

A cefaleia atribuível à sinusite aguda pode estar acompanhada dos seguintes sinais ou sintomas, exceto:

a. Febre

b. Secreção nasal purulenta

- c. Diplopia
- d. Dor frontal e sensação de peso na face

Resposta: c ; nível de dificuldade baixo

Justificativa: diplopia não é um sinal associado à sinusite aguda.

---

#### Questão 14

O médico de família e comunidade deve considerar o encaminhamento do paciente com cefaleia na presença de:

- a. Olho vermelho unilateral durante a crise
- b. Sinais de disfunção da mastigação
- c. Escotomas visuais
- d. Fonofobia

Resposta: b ; nível de dificuldade médio

Justificativa: na suspeita de disfunção de articulação temporo-mandibular, a avaliação do odontólogo é indicada.

---

#### Questão 15

Quanto à investigação de cefaleia ao nível de atenção primária é correto afirmar: I – Pacientes com mais de 50 anos e início recente de cefaleia devem ser considerados para investigação suplementar

II – O eletroencefalograma não tem utilidade na investigação de cefaleia de nova apresentação

III – Os erros de refração são sistematicamente subvalorizados como causa de cefaleia na população

Estão corretas as alternativas:

- a. Apenas I
- b. Apenas II
- c. Apenas I e II
- d. Apenas I e III

Resposta: c ; nível de dificuldade alto

Justificativa: Erros de refração são supervalorizados como causa de cefaleia na população.

---

## Apêndice V – ARTIGO COMPLETO ACEITO IBERAMIA 2012

### **Iberamia 2012**

**IBERAMIA 2012 will be held in Cartagena de Indias, Colombia, November 13-16, 2012, organized by the Universidad Nacional de Colombia.**

IBERAMIA 2012 is the 13th edition of the Ibero-American Conference on Artificial Intelligence, a leading symposium where the Ibero-American AI community comes together to share research results and experiences with researchers in Artificial Intelligence from all over the world.

*The conference* is sponsored by the main Ibero-American Artificial Intelligence and Computer Science societies:

*Sociedade Brasileira de Computação*

*Asociación Española para IA*



*Sociedad Mexicana de IA*

*Associação Portuguesa para IA*

*Sociedad Colombiana de Computación*

*Asociación Argentina de IA*

*Sociedad Peruana de IA*

*Sociedad Cubana de Matemática y*

*Computación*

The conference will feature a pre-conference program of workshops. The main technical program will consist of invited talks by leading scientists working in the area, presentations of technical papers, as well as system demonstrations.



The **Proceedings** of IBERAMIA 2012 will be published, as in past

editions, by Springer in its Lecture Notes in Computer Science/Lecture Notes in Artificial Intelligence LNCS/LNAI series.

### **Special issues:**

After the conference, selected papers will be invited to publish extended versions in international peer-reviewed journals:

- **Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments**, published by IOS Press (JCR 2010: 1.500)
- **Information Fusion**, published by Elsevier (JCR 2010: 1.621)
- **Progress in Artificial Intelligence**, published by Springer.
- **Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial**, published by the IberoAmerican Society of Artificial Intelligence (IBERAMIA).
- **International Journal on Interactive Multimedia and Artificial Intelligence**, published by Imai Technologies.
- **International Journal of Natural Computing Research**, published by IGI Global.

# Influence Diagram for selection of pedagogical strategies in a multi-agent system learning

Cecília D. Flores<sup>1</sup>, João M. L. Fonseca<sup>1</sup>; Vinicius Maroni<sup>1</sup>, Paulo R. Barros<sup>1</sup>, Marta R. Bez<sup>2</sup>, Rosa M. Vicari<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre – RS - Brasil

<sup>2</sup> Universidade Feevale, Novo Hamburgo – RS – Brasil

<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS – Brasil

**Abstract.** An Influence Diagram is a simple visual representation of a decision problem that provides an intuitive way to identify and display the essential elements, including decisions, uncertainties, and objectives, and on how they influence each other. This paper discusses its use in the selection of pedagogical strategies in a multi-agent learning system for the health care practitioners: SimDeCS (Simulation for Decision Making in the Health Care Service). A clinical case is also presented and discussed.

**Keywords:** influence diagram, pedagogic strategy, probabilistic reasoning, medical education, and simulation.

## 1 Introduction

The Influence Diagram (ID) appeared for the first time in the United States during the 1980's as a manner to represent a decision-making problem [1]. It is even more compact than a decision tree and can explicit the probabilistic dependencies among variables. According to [2], an ID is a graphical structure that allows the modeling of uncertain variables and decisions that explicitly reveal probabilistic dependency in a flux of information.

In accordance with the author, there are several benefits in the evaluation of a problem through ID operations such as: the algorithm executes the entire inference and analysis automatically; the analysis is available in a representation which is natural for decision making; the use of ID results in gains in processing as it considerably reduces the size of intermediary calculations and the need for greater memory spaces.

Recent work has shown the viability in the use of ID in processes where variables are uncertain and decisions need to be taken starting from the probabilistic dependency in a flux of information as, for instance, in the Medical field [3], [4], [5], the Communication area in multi-agent systems (MAS) [6], [7], and Risk Evaluation [8].

The ID is presented here in this paper in the selection of the best pedagogical strategy to be offered to a student during the execution of a clinical case simulation.

A simulation can be understood as a reproduction or the representation of a real scenario or process. It attempts to join together the main components of a scenario in a coherent and integrated manner, enabling this environment to be modulated and also to evaluate the time course with or without the intervention of decision making.

Simulators for medical education may thus be understood broadly as tools that allow educators to maintain total control of pre-selected clinical settings, bypassing this stage of learning, and the discomfort and potential risks towards a real patient [9].

According to [10], the simulation brings clear advantages to the learning environment in general with specific applicability for medical education such as: it assists the student in understanding complex relations that otherwise would require expensive equipment or be dangerous; it allows the application of scientific and technical knowledge in an integrated and simultaneous manner; it permits the student to seek new methods and strategies for solving problems proposed by the simulator under study; providing a close to reality environment for training and the enhancement of acquired knowledge; eventually reduces risks whereas learning in real situations.

Simulators in the medical field in general, facilitate the estimation of decision making regarding the economic impact of employed strategies. It can be evaluated in parallel by means of decision trees with final results overlapping and in considering the economic impact of each one separately. Therefore education covers

not only health care decisions, but it also completes instruction with a more realistic scenario that could be limited, or in not referring to resources and the feasibility of simulation.

The main goal in medical education is to acquire standards of excellence with the measurement of results in the learning process [9]. A specific subtype simulation aims to make the assessment of competence [11]. After the consolidation of a domain in medical knowledge by means of a student, the next step is to extract relevant conduct from that same area to a given situation, in the correct order of planning, and consider technical feasibility. The environment for the SimDeCS provides ways to quantify the process of acquiring competence.

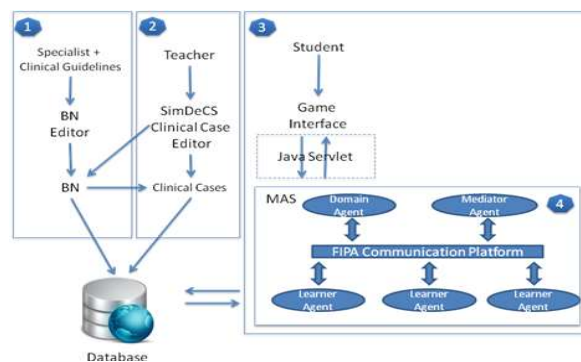
The medical student can make use of the SimDeCS as a complementary tool in order to facilitate the development of his technical abilities and competence [12] concerning formulated diagnosis by following his own learning rhythm. The medical diagnosis formulation process can be seen composed by certain steps such as: medical interview, physical exam, formulation of diagnostic hypothesis, and a requisition (or not) of complementary exams. Once with the diagnosis at hand, the physician elaborates the conduct that may be the prescription of a certain medication, the solicitation of new exams, or forwarding to a specialist [13].

According to [14], the feedback is an essential component in a simulation. The student receives information during the entire simulation in the SimDeCS that permits and encourages him to search for the excellence in learning on what has been studied. Such information is selected by means of the ID that infers in which pedagogical strategy is most adequate for the student.

The next section is dedicated in presenting the SimDeCS simulation tool with special emphasis in the use of the Influence Diagram to select the strategy that will display the best utility in different moments of interaction. The parameters in use become the level of the student's declared confidence and credibility (expectation) that the system might have on the student. A clinical case concerning a Bayesian Network (BN) for an adult migraine is presented and discussed in section 3. The paper ends with closing remarks and future work perspectives.

## 2 Simulation for Decision Making in the Health Care Service

The stages in the simulation construction of the SimDeCS are as shown below in Fig. 1 where, in the sequence, each stage is accounted.



**Fig. 1.** Stages of the SimDeCS simulation construction.

Stage 1: the specialist structures the knowledge of the medical domain in a BN by using Clinical Guidelines as a basic source. These guidelines attempt to compile the best available evidence in pertinent clinical problems towards primary attention and are made available through the Brazilian Society of Family Medicine and Community (SBMFC) in the form of texts, tables and flux sheets. Some of the SBMFC guidelines have been adopted to be modeled by Bayesian networks within the SimDeCS project.

Stage 2: Clinical cases are developed by a professor and represented in a BN that was previously built by the domain expert. Once symptoms and signs are freely made available on the BN, the professor propagates probabilities by emerging one or more diagnosis with its respective conducts, thus modeling the case that will be simulated by the students. The clinical cases are stored in a Data Bank (DB) being composed by the selected nodes by a professor for diagnosis, conduct and investigation stages. Additional information is also stored in the DB regarding the clinical case, as well as the patient's medical records. The network nodes that compose the clinical case are stored in a format of questions available during simulation. Once a question is made, the

simulator consults the BN propagated by the professor and attains a reply that expresses the probability of the node at that instant in a colloquial way.

Stage 3: The Learner Agent interacts with students by means of a game. This game is the main form of interaction between SimDeCS and its students, presenting clinical cases and allowing students to model and submit their diagnostic hypothesis.

Stage 4: The SimDeCS MAS architecture is shown in area 4. The Learner Agent represents the student, gathering all concrete evidences about the status of his learning process. Based on these evidences, Learner Agent elaborates and updates the student's model, inferring the credibility that the system might have on the student, and also registering the self-confidence level declared by the student. Domain and Mediator Agents share the teacher's role in SimDeCS. The Domain Agent stores knowledge of the medical domain and evaluates the decisions taken by the student. The result is sent to the Mediator Agent in order to coordinate the interaction process. The interactions between the student and SimDeCS are seen as a process of Pedagogical Negotiation (PN), in which the Mediator Agent solves differences using teaching pedagogical strategies. The role of the Mediator Agent is to mediate the interactions between the student (Learner Agent) and the tutor (Domain Agent) at each stage of consultation with a patient. This agent uses an ID to select the strategy that will display the best utility in different moments of the interaction. The parameters in use become the level of the student's declared confidence and credibility, inferred by Learner Agent through the actions carried out by the student during simulation (Fig. 2).

## 2.1 Influence Diagram (ID)

An Influence Diagram is a simple visual representation of a decision problem that provides an intuitive way to identify and display the essential elements; including decisions, uncertainties, and objectives, and on how they influence each other [15].

According to [15], Influence Diagrams are directed by acyclic graphs with three types of nodes (decision, chance, and a value node). Decision nodes, shown as squares, represent choices available to the decision-maker. Chance nodes, shown as circles, represent random variables (or uncertain quantities). Finally, the value node, shown in a diamond shape, represents the objective (or utility) to be maximized.

As formally presented, an ID is an oriented acyclic graph (DAG)  $G = (N, E)$ , where  $N = P \cup D \cup \Psi$  becomes the set of nodes and  $E$  the set of arches, being that  $P$ , nodes of probability, are random variables (oval). Each node has a table of conditional probabilities in its association. In  $D$  we have the decision nodes with points of choice in action (rectangles). Its parent nodes may be other decision nodes or probability nodes. The utility nodes  $\Psi$ , has as its purpose the utility functions (lozenge). Each node has a table containing a utility description of the function of the variables associated to its parents, which can be probability or decision nodes. The conditional arches are those of utility or probabilistic nodes and represent probabilistic dependency [16].

An objective combines multiple sub-objectives or attributes, which may be in conflict as in energy costs, benefits, and environmental and health risks. Usually the objective is uncertain as decision analysts suggest maximizing the expected value, or more generally the expected utility, based on risk preference.

An arrow denotes an influence. An  $X$  influences  $Y$  means that knowing  $X$  would directly affect our belief or expectation about the value of  $Y$ . An influence expresses knowledge about relevance, and does not necessarily imply a causal relation.

As shown at the end of the previous section, important aspects are analyzed in the student's behavior during simulation: credibility and confidence.

Credibility is defined by the accompaniment carried out by the apprentice agent concerning the simulation process of the student. The apprentice agent delineates the credibility of the system regarding the student in one of the three following categories: High, Medium, or Low.

The credibility of the system on the student is calculated based on collected variables during simulation such as creating a record of the patient, the number of questioned bogus nodes, and the investigation process, which takes into consideration the questions carried out during anamnesis, physical examination and complementary exams as presented in the ID (Fig. 2) and explained in the sequence.

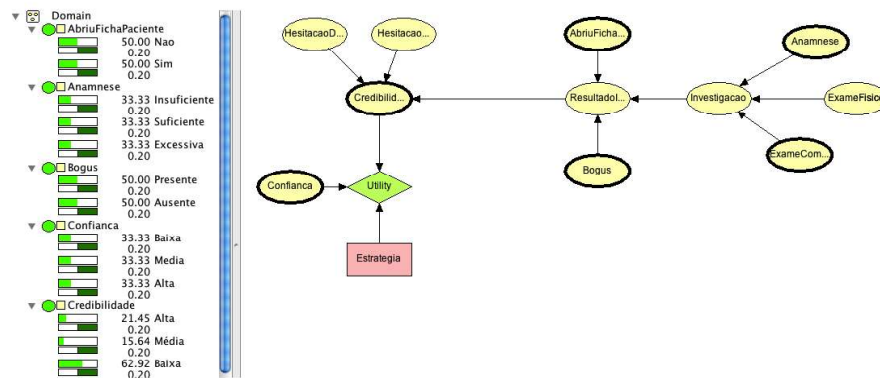


Fig. 2. Mediator Agent Influence Diagram for Pedagogical Strategy Selection.

The values of the state of the nodes in the ID are determined in runtime from the LOG generated during the student's simulation by means of the LearnerAgent. The information is applied to the set of data by the MediatorAgent in order to obtain the final values of the state of nodes as clarified next.

The value for a bogus node (questions that do not have influence in the results) is obtained through the percentage of these types of questions done by the student in relation to the total of questions in the question bank. This variable in the ID is divided into two states: present and absent. The states of this node are established in the following manner: [0-10%] – (present = 0, absent=1), (10%-30%) – (present = 0,4 e absent = 0,6), (30%-100%) – (present = 1, absent = 0).

The **AbriuFichaP** (open patient's record card) node is attained when simulation initializes through the student's act of access to the patient's record. The value is determined as a one for the "yes" state and a zero for the "no" state in case the student has created a record. On the other hand, a non-creation of a record results in a zero value for the "yes" state and a one value for the "no" state.

The information on the **Anamnese** (anamnesis) node is achieved through the percentage of questions in relation to the total of questions in the question bank. This variable has three states: Excessive, Sufficient, and Insufficient. The established states are as follows: [0-25%] - (insufficient = 1, sufficient = 0 & excessive = 0), (25%-75%) - (insufficient = 0, sufficient = 1 & excessive = 0), (75%-100%) - (insufficient = 0, sufficient = 0 & excessive = 1).

The **ExamesFisicos** (physical examination) node has its information by means of the percentage of accomplished exams in relation to what is available in the DB. This variable has states in knowledge: Excessive, Sufficient, and Insufficient. The states of this node will be established according to the percentage and will be distributed as follows: [0-25%] - (insufficient = 1, sufficient = 0 & excessive = 0), (25%-75%) - (insufficient = 0, sufficient = 1 & excessive = 0), (75%-100%) - (insufficient = 0, sufficient = 0 & excessive = 1).

The **ExamesComplementares** (complementary exams) node follows the same information used by physical exams as well as the identical states as shown above. For the **HesitacaoDiagnostico** (diagnostic hesitation) node, information is attained through the number of times that the student removes or withdraws the selection of a diagnosis. This conduct represents the learner's lack in confidence. This variable has two states: Present and Absent. The calculation of the values of the states of the variable obtained by the number of diagnostic modifications during the simulation process is as follows: No modification (present = 0 & absent = 1), One modification (present = 0,6 & absent = 0,4); Two or more modifications (present = 1 & absent = 0).

For the **HesitaConduta** (management hesitation) node, information is attained through the number of times that the student removes the selection of a prescription after being granted to the patient. This act represents the learner's lack in confidence. This variable has two states: Present and Absent. The calculation of the values of the states of the variable obtained by the number of management modifications during the simulation process is as follows: No modification (present = 0; & absent = 1), One modification (present = 0,6 & absent = 0,4); Two or more modifications (present = 1 & absent = 0).

The **confianca** (confidence) concerns on how safe a student feels when he executes the simulation. This is questioned in the beginning of the simulation and when leaving the investigation, diagnostic, and management modules, which may have the High, Medium or Low values [17], [18].

According to [17], the utility node in the ID makes a weighted average between the criterion that defines the utility of the problem to be decided and that should result in the choice of the best decision, which is good in all simultaneous criteria, but not necessarily the best when it comes to each individual node. A pedagogical strategy

is generated once it is carried out by the student from the result of the combination of the possible states in the credibility and confidence nodes (Table 1).

**Table 1.** Possible strategies to emerge in the Influence Diagram

		CREDIBILITY		
		HIGH	MEDIUM	LOW
CONFIDENCE	HIGH	Expansion	Contestation	Contestation
	MEDIUM	Evidence	Contestation	Orientation
	LOW	Support	Support	Orientation

## 2.2 Pedagogical Strategies

As shown in Table 1, five pedagogical strategies are available in the SimDeCS. The message to be carried out by the Mediator Agent to the student becomes dependent to the generated strategy from the ID and from the errors as described below:

**Investigation errors** (the patient's records did not open; adequate; excessive (over 90%); missing (less than 10%); bogus (over 25%); expensive and delayed); Diagnostic errors (correct; incomplete yet plausible; incomplete yet implausible); Management errors (correct; incorrect, consistent with diagnosis; correct, inconsistent with diagnosis; absence; expensive; delayed).

**Orientation message:** when the credibility of the system of the student is low and confidence is declared medium or low. In this case the simulator does not believe that the student will achieve his objectives and the learner demonstrates a lack of confidence in his work. This therefore aims to make the student review his procedures and the Mediator Agent should forward correction messages or alteration suggestions.

**Expansion message:** when the credibility of the system of the student is high and confidence is also declared high. In this case the simulator believes in the student's simulation potential, and the student has high confidence in his work. It aims to stimulate the student into searching extra knowledge and encourage his reasoning where, in this case, the Mediator Agent should send discussion messages.

**Support message:** when the credibility of the system of the student is high or medium and confidence is declared low. In this case the simulator believes in the student's simulation potential, yet the student shows himself lacking in confidence in the simulation. The approach in this type of strategy tends to encourage the student to proceed with his reasoning. The Mediator Agent should send messages with similar examples in the attempt to reinforce confidence in the student.

**Contestation message:** when the credibility of the system of the student is medium or low and confidence is declared high or medium. It takes place when the simulator does not believe that the student will be able to conclude his simulation in a satisfactory way. However, the student has high confidence in his knowledge. It aims to point out errors, arouse an auto-critical sense in the student, and mainly be the motivation to make the student review his reasoning and rebuild a procedure. The Mediator Agent should send experimentation, search and reflection messages.

**Evidence message:** when the credibility of the system of the student is high and confidence is declared medium. It happens when the simulator believes that the student has a potential, yet the student still proves to be insecure regarding the simulation. The approach in this kind of strategy seeks to incentive the student to go on with his reasoning by giving him reliability on his reckoning. The Mediator Agent should send messages with demonstrations of similar cases.

## 3 Case Study

This section presents a case study in order to demonstrate the strategies that emerge from the ID while using the simulator. The example case here represents a man with eventual headaches with sporadic arrival at a basic health station.

As a routine he says that he leaves home early in the morning and never has time to go to the station. The patient presents nasal obstruction and holocranial pain in less frequent episodes. It is expected that after the investigation carried out by the student, the choice by the apprentice will be the tension headache diagnosis and has as a conduct the prescription of an analgesic. However, during the investigation stage he asks the patient over 75% of the anamnesis inquiry options available in the simulator. This demonstrates to the Mediator Agent that he is insecure in the conduction of the case and thus will make a pedagogical strategy to appear in the form of a message.

The pedagogical strategy in use will make the displayed message to the student alter itself. Besides that, the strategy will be originated from the result out of the ID processing that considers the auto-confidence declared by the student. In this case, for example, excessive anamnesis with auto-declaration of high confidence and credibility inferred by the simulator as of being low will generate a pedagogical strategy of contestation (Fig. 3 - snippet) displaying the message: “You have made an excessive number of questions that may lead to a confusing diagnosis. Read again the questions and answers received in the investigation phase and reflect over the diagnosis in order to avoid it with another that is similar.”

The student’s option after the investigation stage is the diagnosis of sinusitis when it should be tension headache. In this manner, the simulator will consider the diagnosis as being incorrect yet plausible due to the fact that sinusitis is the second most probable node to appear in the BN from these symptoms.

The student, right after the diagnosis, chooses as a conduct the utilization of antimicrobial drugs and hence the simulator will present a message that the conduct is incorrect, yet coherent with the selected diagnosis. This information is obtained through the BN processing.

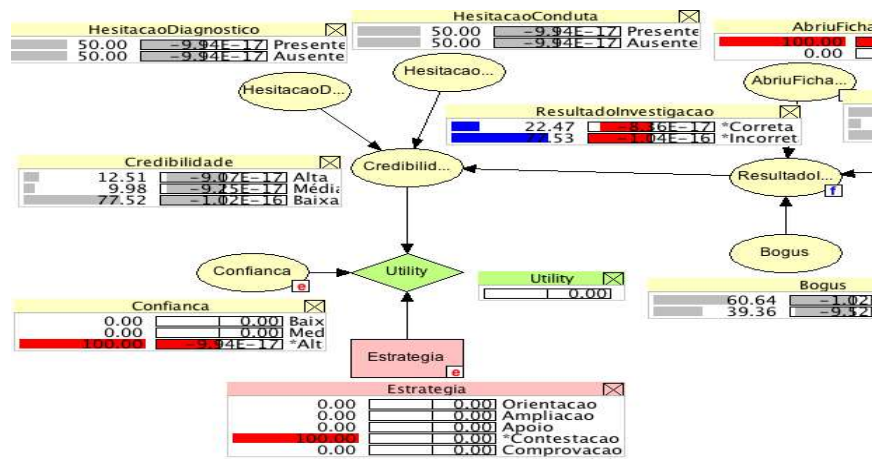


Fig. 3. Case study simulation results.

## 4 Final Considerations

Our motivation relies on limitations detected on AMPLIA (Intelligent Probabilistic Multi-agent Learning Environment) [16], [17]. The main differential between SimDeCS and AMPLIA is its available interface for the student. With AMPLIA, the student would receive a BN editor and would build his own network, which would be compared to that of an expert. With the SimDeCS, the student receives a simulator with health cases prepared by professors in the form of a game with its basis on Bayesian networks created by specialists.

Another significant difference between both systems, which is the focus of this paper, is the structure of the ID where the AMPLIA would take into consideration a small number of variables. Variables were inserted in the SimDeCS that permits to accompany the student’s course along the entire simulation. This way the main problems of medical students in the solution of clinical cases are taken into consideration so that a pedagogical strategy can emerge from the ID in which the learner can be kept up with throughout the entire simulation process.

Despite the analysis of other approaches to be followed for the pedagogical strategy decision making by the Mediator Agent, such as decision trees, the option was for the continuity in the use of the ID for several reasons. The ID shows the dependencies among variables more clearly than the decision tree does. Decision trees display more details on possible paths or scenarios through a sequence of branches from left to right. However, this detail presents a high cost: first all variables should be dealt with as being discreet even if they are continuous. In second place, the number of nodes in a decision tree exponentially increases with the number of variables and decisions.

The use of a structured simulator on BN permits the emulation of the medical diagnostic process with greater fidelity. In differentially valuing the correction of the student’s decisions (credibility) compared to his own confidence in the same choices, it is possible to distinguish the suggested strategies through the simulator, thus attending the pedagogical requisite to particularize the needs of every single student. The fact that the same system can be used in different domains of knowledge, just by modifying the BN in use, becomes another differential. The choice for a MAS architecture also allows greater application autonomy once that the agents

can perceive the environment and make decisions based on beliefs and self-objectives in an independent way, which also makes the cooperation for the resolution of conflicts possible, thus proposing intelligent solutions based on the knowledge of the domain expert.

The system is at its final stage of development with three networks (headache, dyspepsia and parasitosis) making it possible to mold around 80 clinical cases by professors who care to delineate his personal cases. Ten clinical cases have been prepared for the headache network for the students exercise.

With future improvements in the simulator, we intend to implement a time factor in order to permit that one or several correct or acceptable decisions at one point may be evaluated as incorrect if the opportune moment passes by, which is frequent in clinical decision making due to a patient's change of symptoms, with the appearance of new information in a return visit or a flaw in the initial proposed therapy. For this much, studies are being carried out with the intention to make use of Fuzzy ID (FID) [18] for the selection of pedagogical strategies to be executed by the Mediator Agent.

## Acknowledgments.

The authors gratefully acknowledge the Brazilian agencies, CAPES and UnA-SUS, for the partial support to this research project.

## Bibliography

1. Clemen, R.T.: Making hard decisions: An introduction to decision analysis. Duxbury Press, Belmont, CA (1991)
2. Shachter, R.D.: Evaluating Influence Diagrams. *Operat. Res.* 34, 871-882 (1986)
3. Kendrick, D.C., Bu, D., Pan, E., Middleton, B.: Crossing the evidence chasm: building evidence bridges from process changes to clinical outcomes. *J. Am Med. Inform. Assoc.* 14, 329-339 (2007)
4. Gomes, M., Bielza, C., Pozo, J.A.F., Ríos-Insua, S.: A Graphical decision – theoretic model for neonatal Jaundice. *Med. Decis. Making* 27, 250-265 (2007)
5. Lee, R.C., Ekaette, E., Kelly, K.L., Craighead, P., Newcomb, C., Dunscombe, P.: Implications of cancer staging uncertainties in radiation therapy decisions. *Med. Decis. Making* 26, 226-238 (2006)
6. Sun, L., Zeng, Y., Xiang, Y.: An influence diagram approach for multiagent time-critical dynamic decision modeling. In: Zhang, B., Orgun, M. A. (eds.) *PRICAI 2010. LNCS*, vol. 6230, pp. 674-680. Springer, Heidelberg (2010)
7. Zeng, Y., Xiang, Y.: Time-critical decision making in interactive dynamic influence diagram. In: *IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology, IAT 2010. Toronto* (2010)
8. Liu, H., Zhang, C., Wan, Y.: Research on information engineering surveillance risk evaluation based on probabilistic influence diagram. In: *2nd IEEE International Conference on Information Management and Engineering, ICIME 2010. vol. 5*, pp. 362-366 (2010).
9. Ziv, A., Ben-David, S., Ziv, M.: Simulation Based Medical Education: an opportunity to learn from errors. *Medical Teacher.* 27(3), 193-199 (2005)
10. Kincaid, J.P., Hamilton, R., Tarr, R.W., Sangani, H.: Simulation in Education and Training. In: *Modeling and Simulation: Theory and Applications. Chapter 19*. Kluwer, Boston (2004)
11. Scalse, R.J., Obeso, V.T.S., Issenberg, B.: Simulation Technology for Skills Training and Competency Assessment in Medical Education. *J Gen Intern Med.* 23(Suppl. 1), 46-49 (2008)
12. Swanwick, T.: *Understanding Medical Education – Evidence, Theory and Practice*. Wiley-Blackwell (2010)
13. Epstein, R.: Assessment in medical education. *New England Journal of Medicine*, 356(4), 387-396 (2007)
14. Ker, J., Bradley, P.: Simulation in medical education. In: Swanwick, T. (ed.) *Understanding Medical Education – Evidence, Theory and Practice*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK (2007)
15. Pearl, J.: *Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference*. vol.1, 2 ed. p.552, Morgan Kaufmann, San Mateo, CA (1988)
16. Gluz, J., Vicari, R., Flores, C., Seixas, L.: Formal Analysis of a Probabilistic Knowledge Communication Framework. In: Sichman, J.S., Coelho, H., Rezende, S.O. (eds.) *Advances in Artificial Intelligence - IBERAMIA-SBIA 2006. 10th Ibero-American Conference on AI, 18th Brazilian AI Symposium. LNCS 4140*, pp. 138-148 (2006)
17. Flores, C., Seixas, L., Gluz, J., Vicari, R.: A Model of Pedagogical Negotiation. In: Carlos Bento, C., Cardoso, A., Dias, G. (eds.) *Multi-Agent Systems: Theory and Applications Workshop – MASTA. 12<sup>th</sup> EPIA 2005. LNCS 3808*, pp. 488-499 (2005)
18. An, N., Liu, J., Bai, Y.: Fuzzy Influence Diagrams: An Approach to Customer Satisfaction Measurement. In: Lei, J. (ed.) *Fourth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, pp. 493-497 (2007)

## **Apêndice VI – CAPÍTULO DE LIVRO PUBLICADO**

Disponível em [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-32191-7\\_5?no-access=true](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-32191-7_5?no-access=true)

(acessado em 27/10/2012).

## Training Clinical Decision-Making through Simulation

Cecilia Dias Flores<sup>1</sup>, Marta Rosecler Bez<sup>2</sup>, Ana Respício<sup>3</sup> and João Marcelo Fonseca<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (PPGCS/UFCSPA),  
Rua Sarmiento Leite, 245, Porto Alegre, Brazil

<sup>2</sup> Universidade FEEVALE, Novo Hamburgo, Brazil

<sup>3</sup> Departamento de Informática/Centro de Investigação Operacional, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

{dflores, joaomf}@ufcspa.edu.br, martabez@feevale.br, respicio@di.fc.ul.pt

**Abstract.** Clinical decision making faces relevant uncertainties, outcomes and trade-offs. It has to deal with diagnosis uncertainties, the choice of diagnostic tests, the selection of prescriptions and procedures, and the treatment follow up, many times facing severe budget limitations and lack of sophisticated equipment. This paper presents a multi-agent learning system for health care practitioners: SimDeCS (Simulation for Decision Making in the Health Care Service). This system relies on simulations of complex clinical cases integrated in a virtual learning environment, and has been developed within a program offering continuous education, training and qualification to professionals in the Brazilian health care service. SimDeCS will be made available on the Internet, thus providing access to professionals working throughout the country. The main contribution is the system architecture and the model knowledge. The learning environment has been designed as a multi-agent system where three intelligent agents are included: Domain Agent, Learner Agent, and Mediator Agent. The knowledge model is implemented by the Domain Agent through probabilistic reasoning, relying on expert human knowledge encoded in Bayesian networks. A clinical case is presented and discussed.

**Keywords:** clinical decision making, simulation, reasoning, knowledge modelling, multi-agent systems, Bayesian networks.

## 51 Introduction

The UnA-SUS (Open University of the Health Care System) is a project carried out by the Brazilian Ministry of Health with the Pan-American Health Organization, along with the National School of Public Health, that tends to build up conditions for the operation of a Brazilian network for permanent education in health care, integrating academic institutions that composes it with health services and the SUS management. UnA-SUS was created, by the year 2008, to fulfil the request in the formation of human resources in the Brazilian health care system.

The UnA-SUS is a collaborative network of academic institutions and, among its specific objectives, has as a purpose to virtually offer qualification to those who work in the health domain. The Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA) in Brazil is one of the teaching institutions that integrate UnA-SUS.

Simulation of real cases in a Web environment, based on probabilistic reasoning, has a strategic importance to support the continuing formation of professionals at service, as it allows for training diagnostic reasoning in a safe environment facing complex and challenging clinical cases.

This paper introduces SimDeCS (Simulation for Decision Making in the Health Care Service) which is a multi-agent intelligent learning environment developed according to the following features.

- The learner elaborates his own knowledge model through his interaction with the proposed clinical case and the system continuously asks for actions and decisions.
- Feedback and additional information is permanently available.
- Whenever necessary, a negotiation process<sup>1</sup> among the agents<sup>2</sup> and the learner will take place as a way to review his model.

---

<sup>1</sup> The basic requirement of a negotiation process is that the interaction among agents shares a common goal so that an agreement is reached with respect to the negotiation object. Usually, different dimensions of the negotiation object will be negotiated simultaneously. The initial state for a negotiation to take place is the absence of an agreement, which can include a conflict or not. In the case of a teaching and learning process, a point of conflict is the relation of beliefs about the knowledge

For the principle of medical education, medical students should carry out the practice of two skills: the hypothetical model construction and diagnostic reasoning, which both are problem-solving tasks. Apart from diagnosis, the learner should have an opportunity to actively construct models of diseases that include the possible causes of disease, associated symptoms, and evaluate the model application. This way, the learner can attain and make use of the necessary knowledge in diagnostic reasoning.

SimDeCS supports learning by using a constructivist approach to perform diagnostic reasoning. The learner is provided with the possibility of applying and evaluating different courses of action while progressing in the process of diagnostic reasoning, relying on his previous knowledge. Thus, knowledge is built through the learner-simulation. Initially, it was designed just to allow knowledge modelling to support clinical decision making. It has hereby gained a broader function: it provides the final user (student) a virtual reality interface where he can interact with the characters in the story (patients and relatives) while investigating the proposed clinical case and obtaining assistance to guide the next clinical action. Therefore, SimDeCS accompanies step-by-step the student's decision making from its domain built-in model and whenever the course of action takes the student to a conclusion different from the expected, the environment promotes a negotiation process based on pedagogical strategies to induce the user to review decisions.

The user may further evaluate, specify and review his decisions under the guidance of SimDeCS. Training of strategies for diagnosis will be supported qualitatively, i.e. the system will be able to identify which information becomes necessary to support a given hypothesis or to differentiate two different ones. Diagnostic reasoning will also be supported quantitatively, as the system should be able to quantify the influence of some gathered information on a diagnostic hypothesis, and to identify which is the most important information to acquire to carry on. The Bayesian network approach was chosen to deal with uncertain knowledge as it is mathematically principled.

Although the literature proposes several studies and simulation tools for the medical field [3][4][5][6], there is a lack of proposals focusing on constructivist systems, representing clinical guidelines into BNs.

Next section will be devoted to present general concepts on Bayesian networks and simulation. Section 3 presents SimDeCS with special emphasis on its architecture and the communication between agents. A clinical case concerning a network for adult migraine is presented and discussed in section 4. Finally, the paper ends with some final remarks and future work perspectives.

## 62 Context

Bayesian networks have been widely used all over the world to model uncertain domains [7]. Uncertainty is represented by probability and the basic inference is the probabilistic reasoning, that is, the probability of one or more variables assuming specific values giving the available evidence. Another important reason for choosing the Bayesian network approach is in its two-fold feature that enables qualitatively and quantitatively domain modelling. The qualitative domain model is represented by the set of variables and their causal relationship, which can be easily built by using a Directed Acyclic Graph. The quantitative model expresses the strength of the causal pair-wise relationships, by conditional probability distribution

We follow the hypothesis that a physician engaged in medical diagnosis implicitly performs probabilistic reasoning. The physician's practice corresponds to taking full advantage of the probabilistic relationship between the variables present in a Bayesian network that models the medical domain of interest. Reviews of published case studies in the domain of environmental medicine support this hypothesis [8, 9, 10, 11] Moreover there is empirical evidence that the probabilistic reasoning, when supported by Bayesian networks, corresponds closely to the human reasoning pattern [12].

**Definition (Bayesian network).** A Bayesian network (BN) is a direct acyclic graph where nodes are random variables, and arcs represent direct probabilistic dependence relations among the nodes they connect. The strength of the relationship of  $x_i$  with  $pa(x_i)$ , its parents (nodes with arcs that arrive in  $x_i$ ), is given by  $P(x_i|pa(x_i))$ , the conditional probability distribution of  $x_i$  given its parents. The joint probability distribution of all variables is given by  $P(x_1, \dots, x_n)$ . If  $pa(x_i)$  is an empty set,  $P(x_i|pa(x_i))$  is reduced to the unconditional distribution of  $x_i$ .

A simulation can be understood as a simplified reproduction or representation of a real scenario, event or process. It attempts to assemble all the main components that compose a real scenario in a coherent and integrated way to modulate the corresponding environment and evaluate its evolution with or without interference from a decision making agent. Medical simulations have their origin in anesthesiology [13] in

---

domain between teachers and students. A process of teaching and learning is a way of reducing the asymmetry between the teacher's and the student's confidence on the topic studied. [1].

<sup>2</sup> An agent is a program that can work autonomously, interacts with other agents and services, lives in an environment, and performs a task in the name of a person or an organization [2].

groups that made use of this resource in training with the idea to reduce risks in real situations. Emergency training situations by means of immersion courses such as Basic Life Support (BLS), Advanced Cardiac Life Support (ACLS), Advanced Trauma Life Support (ATLS), and Pediatric Advanced Life Support (PALS) make use of simulated scenarios for learning, training and student evaluation to those who will exercise this knowledge in real environments with real patients in life threatening situations.

Medical teaching simulation tools can therefore be comprehended in an ample way as tools that permit educators to keep total control in pre-selected clinical scenarios, outlining in this phase of learning all the real patient's potential risks and annoyances [14].

According to Kincaid et al [15], simulation brings consistent advantages for the learning environment in general with applicable specificities for medical teaching such as:

- aids the student to comprehend complex relations that in another way would demand costly equipment or potentially dangerous experiments;
- grants the application of scientific and technical knowledge in an integrated and simultaneous manner;
- permits the student to search for new methods and strategies for the solution of the study case;
- provides an environment close to reality for training and the reinforcement of acquired knowledge;
- reduces the risk in authentic situations.

The use of a simulation tool is consolidated in the formation of new professionals in civil and military aviation as well as in the recycling of knowledge or acquisition of new abilities. Virtual simulated environments, just like in the medical area, grant the binomial student-teacher the opportunity to revoke the risks in the initial learning stages and in the consolidation of decision processes.

Mainly in the health care area, simulation tools generally permit with ease the parallel consideration in decision making in the economic impact on utilized strategies. Parallel trees of decision can be evaluated with overlapped final results and regard the economic impact of each one separately. Teaching ranges not only attendance decisions, but completes itself with more restricted real scenarios or not of resources and the economic viability of simulated decisions.

The foremost objective in teaching medicine should be attaining patterns of excellence with the measurable results of the learning process [14]. The overlapping of "first not to cause harm" allied with the possibility of teaching in controlled scenarios makes the medical simulation a desirable tool if proved to be efficient for the purpose it is intended for.

A specific subtype of simulation tends to carry out the evaluation of competence [16]. Once consolidating the student to a knowledge domain in a medical area, the next stage in extraction from this same domain with pertinent conducts to the proposed situation in a correct planning order and regarding technical practicability make part of fundamental learning. The simulation environment delivers ways to quantify this competence acquisition process. For this much it is necessary to assure a golden-pattern in which the student will be compared and will work as a mark in case of conflict between different decision algorithms used by different decision makers.

Among different types of simulators and dissimilar objectives during its use, we encounter the High Fidelity Simulators [17] that were subsequently reviewed [18] and are distinguished from the rest for not being static. Questions and answers change according to the interaction between the student and the simulation tool.

BNs are well fit to model diagnosis processes [19] and BN reasoning is quite manageable computationally, as it is based on two simplifying assumptions that reasoning could not be cyclic and that the causality supporting a child state would be expressed in the links between it and its parent states [20]. In addition, the authors have extensive experience with modelling diagnosis using BNs in related previous works [1], from which this project could benefit.

## 73 SimDeCS

The SimDeCS is a multi-agent computational environment aimed to support learning by using a constructivist approach. We tend to focus on medical reasoning in order to describe the SimDeCS. The development of this environment is in accordance with the physician process on technical education and specialization, which in general occurs through the following activities: medical appointments, class attendance, and round sessions. Medical students and instructors discuss real cases and current topics of their specialties during round sessions. They also make use of classes to discuss papers previously handed out by the professor and read by the students. The medical student can use the SimDeCS as a complementary tool to ease his technical skill development on formulated diagnoses at his own pace.

The process of formulating a definite medical diagnosis can be seen as being composed of the following steps: medical interview, Current Disease History (CDH), formulation of a differential diagnosis, formulation of

preliminary diagnosis, and definite diagnostic formulation. If suitable, after the formulation of a preliminary diagnosis and before the definite diagnostic formulation, the physician can review the technical literature and request complementary lab tests. In medical interviews, the physician consults the patient to be aware of the history of his previous diseases. To obtain the CDH, the physician inquires the patient about main complaints. Then, the physician examines the patient visually in order to determine his condition while searching for physical signs and keeps record of the symptoms mentioned by the patient. The physician proceeds to examine the patient physically, oriented by detected signs and symptoms.

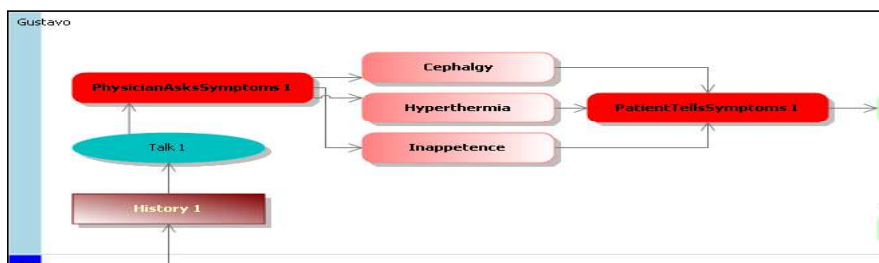
The physician, with the gathered information, commences a differential diagnosis in which he selects a set of pathologies (diseases) compatible with the collected data and tries to get new results that can exclude a number of hypothetical pathologies. By reducing the set of hypothetical pathologies, it is possible to establish the preliminary diagnosis to determine the most probable pathology. If there is need for confirming preliminary diagnosis, the physician may request supplementary clinical exams. While waiting for lab results, the physician can review technical literature concerning the pathology he suspects the patient might be suffering from. The lab test analysis can substantiate the preliminary diagnosis, making it definitive or supply new information for a new preliminary diagnostic formulation.

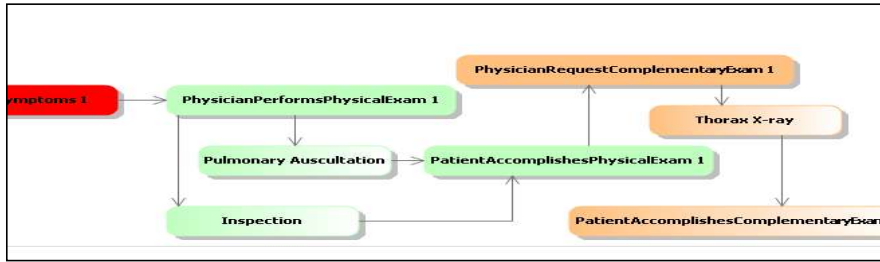
The SimDeCS follows the decisions carried out by the student starting from its domain built-in model and if the student's decisions point towards a different conclusion from the expected, the environment starts a negotiation process based on pedagogical strategies in order to induce the learner to review his decisions.

The SimDeCS is composed of three agents: Learner Agent, Domain Agent, and Mediator Agent. The Domain Agent represents the expert knowledge domain while the Learner Agent represents learner knowledge. The student will learn by means of the SimDeCS support with the development of diagnostic reasoning and in making hypothesis. If the decisions made by the student are different from the expected in the environment, the system's Mediator Agent motivates the learner to review his model qualitatively (when the learner follows a line of reasoning different from the expected) or quantitatively (when the learner values an aspect in detriment more than the other aspects analysed). The Mediator Agent guides the learner based on pedagogical strategies.

### 7.1 3.1 SimDeCS Architecture

SimDeCS is a multi-agent learning environment in development for the health learning area. Its utilization comes from the formulation of clinical cases by the instructor or expert with variable levels of complexity through the Web, making use of a high level Domain Specific Language (DSL) known as VR-MED [21]. This was conceived so that programmers and planners supported by a simple and proper notation can specify the characteristics of a study case. It is carried out by a graphic notation that attempts to represent the characteristics encountered in the domain of clinical cases and provide support for its execution through simulations in the health care area. Therefore modelling of the problem (clinical case) by a domain expert (physician, dentist, health agent, etc.) is carried out by the VR-MED, making use of a visual notation in the shape of a diagram that dismisses knowledge in the area of informatics by the expert. It becomes possible to specify in this diagram all the details of the clinical case at matter, just as the characters (patients, physicians, relatives, etc.) that make part of the case. Fig. 1 presents an example of a clinical case model.



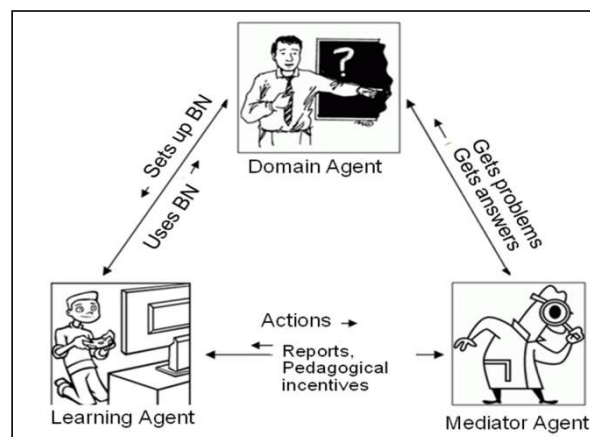


**Fig. 1.** Medical case diagram modeled by the VR-MED. Part a) physician asks for symptoms and patient reports cephalgy, hiperthermia and innapetence. Part b) represents the result of physician performs exam (inspection, pulmonary auscultation) and Complementary exam (Torax X-ray)

Each generic clinical situation is expressed in the form of a Bayesian network. The VR-MED language provides the necessary interface for the identification of Bayesian networks, previously created in a repository, which will be linked to the simulation tool user.

In each network there are resources defining the importance of nodes in the identification of the modelled diagnosis (essential, complementary, excluding, and null effect nodes). The evaluation of a student/user is done through perception and selection of nodes regarded essential and non essential, in disregarding the null effect nodes, in a time concomitant evaluation required by the choice of the student/user, and in the accumulated costs of successive decisions. The randomly dispersed motors, according to the pertinence of its presence in different networks, permit variations in the consecutive course of cases.

As mentioned before, the SimDeCS is composed of three artificial agents and its interaction is represented in the Figure 2.



**Fig. 2.** SimDeCS agents

The Domain Agent is responsible for knowledge management and, therefore, represents the domain expert. It is based on clinical cases of varying degrees of complexity which have modelled as Bayesian networks, by expert clinicians, and collected in a repository.

The Learner Agent represents the learner/user and his actions in the simulation. This agent is implemented by the environment interface and obtains evidence concerning the status of the student's learning process in a way that the student can interact with the simulation. The Learner Agent propagates collected evidence (signs and symptoms) throughout the Bayesian network administered by the Domain Agent that verifies the course of the student's diagnostic reasoning. By means of actions executed by the student as, for example, soliciting an exam, the Domain Agent can infer the student's diagnostic hypothesis as well as an incorrect search for evidence.

The Mediator Agent manages the interaction between the two other agents and proposes negotiation by means of pedagogical strategies when necessary. This agent carries out decisions on how and when to interfere during the student's interaction with the system. It will select the most appropriate pedagogical strategy to query and aid students during the simulation processes. Moreover, it supervises and evaluates user performance, providing guidance and producing assessment reports. The final generation of performance reports is based on the corrections of investigative conducts (and not only diagnostic hits), the time spent simulating the clinical

case and the corresponding estimated cost thus allowing for the evaluation of the user's performance in the SimDeCS.

The communication between agents follows a cycle of interactions that obey the following protocol:

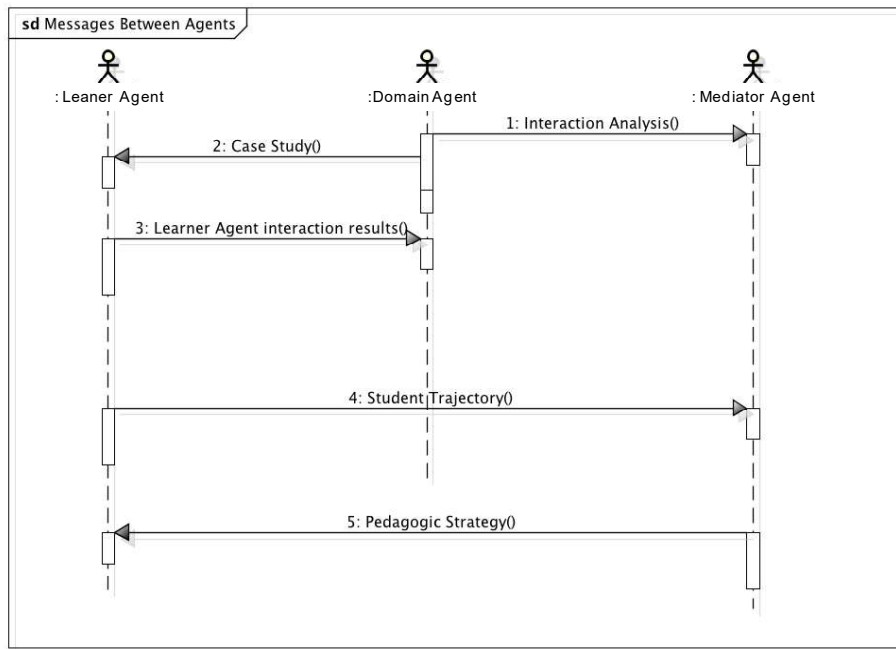
1. The Domain Agent presents the user (learner) with a case study through a virtual reality interface with virtual characters (playing patients and relatives). The Learner Agent only takes notes on the example and passes it on to students.
2. The Domain Agent makes available case studies where students model the diagnostic hypothesis. From each interaction by the student, the Learner Agent presents the results so that the Domain Agent can propagate it in the Bayesian network and evaluate the student's decision.
3. Based on the result of the Domain Agent analysis, as well as on the trajectory of the student registered by the Learner Agent, the Mediator Agent chooses the best pedagogical strategy, activating suitable tactics to a particular situation.
4. The student evaluates the received message from the Mediator Agent and tries to reflect on the topics which he considers important. At this stage, the student may also decide to give up the entire learning process.

### **7.2 3.2 Communication between Agents**

The exchange of information between agents is essential for the success of the simulation. SimDeCS agents communicate over a FIPA-OS platform [22]. The Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA) has put forward an Agent Communication Language (ACL), which is based on Speech Act Theory. FIPA assumes the existence of an agent management system, yet not part of the language, and abstracts the low-level communication details. Currently, the inform, request, query-if and query-ref acts are being used through the FIPA Request and Query Interaction Protocols. Bayesian networks are represented, for communication purposes, in a XML-based format (XBN), and FIPA-SL0 is used as content language for communicative act messages. To establish communication between agents there is a need for a common frame of reference or shared ontology which determines how particular message content is to be interpreted.

This communication in the SimDeCS is established by using a JADE (JAVA Agent Development) framework. JADE is developed in JAVA implementing the FIPA patterns for intelligent agents [23]. JADE provides a series of patterned resources for the development of technologies based on agents, considerably accelerating the development process.

Figure 3 displays a sequential diagram representing the exchange of messages between SimDeCS agents.



**Fig. 3.** Sequential diagram showing messages exchanged between agents

The Learner Agent sends request messages to the Domain Agent with the state of the instance variables of the case at matter informing the decisions made by the student for a review. The Learner Agent “observes” the actions carried out by the student such as ready questions, received replies and decision making. The abstract syntax notation for action expressions carried by this message content type is given by (1).

$$SimulationParameters(Learner Agent State) = \{State\_variables\} \quad (1)$$

The Domain Agent has medical domain knowledge depicted through Bayesian networks. It makes available the knowledge domain and explanation resources to the student, which is enough to aid in the learning process. The Domain Agent sends inform messages to the Learner Agent with the case study to be solved, including the list of variables (medical interview, current disease history, main complaint, etc.) in which the student can make use of it in the construction of his diagnostic hypothesis. Providing variables that are sensitive for the case study context will help to maintain common ontology among agents during the learning process. As the Domain Agent receives the variables directed by the student (State\_variables), it begins an action (program) that reviews the student’s belief through the propagation of these variables by the Bayesian network expert. Once a search for some mistaken evidence or tendency to find diagnoses that is different from the expected is found, the Domain Agent sends inform messages to the Mediator Agent presenting the conflict points. Abstract syntax notations for action expressions carried by case-study and conflict message types are, respectively, (2) and (3).

$$Case\_study(Learner Agent Goal) = \{Case\_study, Variables\_list\} \quad (2)$$

$$Conflicts(Learner Agent Goal) = \{Conflict\ points\} \quad (3)$$

The Mediator Agent mediates the interaction between the Domain Agent and the Learner Agent and aims at giving support in the conflicts solving process. After receiving the Domain Agent message, the Mediator Agent sends query messages to the Learner Agent requesting information on the trajectory of the student/learner in the solution of the study case. Based on this information and on pedagogical strategies in use, the Mediator Agent sends arguments (essentially simple inform messages) to the Learner Agent that will motivate the student to review beliefs and modify his actions. Abstract syntax notations for action expressions carried by the trajectory of the student and strategy selection message types are given by (4) and (5), respectively.

$$Trajectory(Learner Agent Goal) = \{trajectory\_analysis\} \quad (4)$$

$$Strategy(Learner Agent Goal) = \{Trajectory\_analysis; Arguments\} \quad (5)$$

Communication dialogue between agents will go on as far as the Learner Agent desires to review decisions. This can allow actions to be reviewed by the Domain Agent. The user has the chance to reflect upon his actions and even alter his conduct in the simulation tool arriving at a diagnosis or a suitable conduct with the primary attention in health experiences.

## 84 A Clinical Case: the Adult Migraine

The Brazilian Society of Family Medicine and Community (SBMFC / Sociedade Brasileira de Medicina de Família e Comunidade) [24], founded in the year of 1981, with national extent, counts with several working groups. One of the SBMFC working groups coordinates the production of clinical guidelines to be delivered to health care professionals. These guidelines attempt to compile the best available evidence in pertinent clinical problems towards primary attention and are made available through the SBMFC in the shape of texts, tables and/or flux sheets. Some of the SBMFC guidelines have been adopted to be modelled by Bayesian networks within the SimDeCS project. The resulting networks specified in VR-MED language provide the foundations for the simulation tool development.

Once a guideline is chosen to be diagrammed as a Bayesian network, a study of the entire formative content of the text goes into process to extract variables that compile the state of knowledge for the problem at issue. Afterwards, these variables are linked to structure a Bayesian network.

When there is a correct identification of the set of variables and the corresponding relationships between them, the occurrence probability for each variable is quantified. It becomes necessary to point out that the nodes and the network probabilities both primordially seek an adequate simulation in a way that the concepts present in the guidelines may remain didactically representative for the expert that models the case study.

Proposing a migraine case to be attended in a primary attention level, as an example, the expert may choose to model a network for a typical clinical situation. Within the most prevailing possibilities in a primary attention level, there are the tension-type headache, the migraine, the cluster headache, the articulation dysfunction temporomandibular, and sinusitis. Each nosologic entity is associated with some particular signs and symptoms which, however, overlap broadly. While modelling a presentation upon another in the VR-MED level, the expert makes the diagnosis more probable. To exemplify: when modelling a migraine network with the objective to favour a migraine diagnosis over others, nodes as a hemicranial pain presentation, pulsating pain, and rest relief will have greater weight over the remaining, such as nasal discharge or an unilateral red eye. Figure 4 displays a Bayesian network fragment based on the clinical guideline for the diagnosis and treatment of adult migraine.

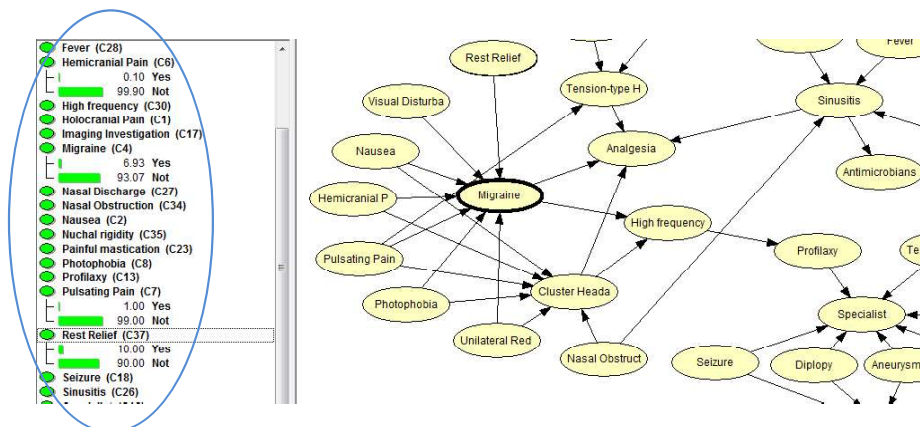
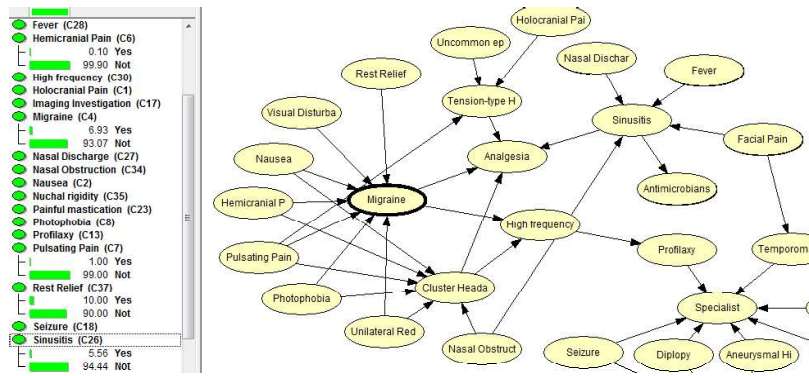


Fig. 4. A Bayesian network representing adult migraine

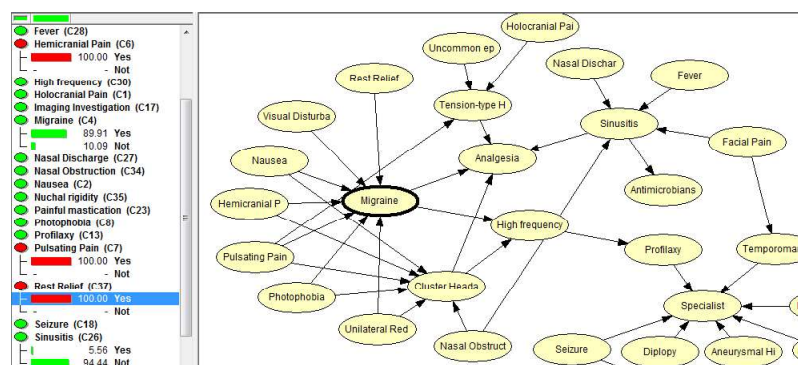
The initial probabilities (Fig 4) in a modelled network suffer with the propagation of signs and symptoms that are fortified or weakened by the clinical expert (Fig 5).

In the hypothesis of a user's choice during the execution of a simulation to develop a clinical suspicion of sinusitis and direct an investigation or a treatment pertinent to this diagnostics hypothesis (for instance an antibiotic therapy) makes the Mediator Agent perceive the discrepancy between the user's choice and the probabilities of the modelled network (Fig 6).



**Fig. 5.** A Bayesian Network representing migraine, extended from Fig 4 to include the occurrence of clinical signs suggesting migraine (after the modelling by the clinical expert)

The detection of this difference makes the Mediator Agent intervene in selecting the best tactic in the pedagogical strategy library for the situation. The selected intervention, for instance, could be a reading suggestion from the guideline as to the nature of the common presentation of sinusitis (facial pain, nasal secretion) compared to the signs of a typical migraine as described above. Another example of possible intervention could be the option in discussing the case with a virtual tutor that can carry out the analysis of the simulation that implies a review of the wrong diagnostic.



**Fig. 6.** Probability of unaltered sinusitis after initial modeling for the migraine case, allowing the Mediator Agent to detect the dissociation between the courses of action taken by the student on the best probability proposed

Besides the modelling of variables and the probabilistic quantification of each node of a Bayesian network in the SimDeCS, the expert is responsible to bring on possible questions and answers relevant to the envisaged knowledge building. Such properties will be responsible for the structuring of a dialog between the student and the patient during the simulation.

The interaction between the user and the simulation tool is done by means of a virtual environment where the “dialog” simulates a real-life situation involving the user and the patient (played by their corresponding avatars). The patient shows his symptoms and significant characteristics through a previous inquiry. Figure 7 displays a screen of the SimDeCS interface.

Moreover, at any stage of the simulation, the process can be revised to include additional facts, thus allowing the introduction of patient feedback and, therefore, enhancing the user decision-making process.

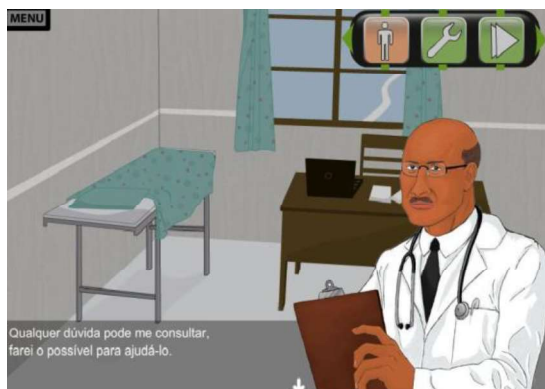


Fig. 7. A screen of the SimDeCS interface

## 95 Final Remarks and Future Work

Simulators have become widely adopted support tools for the education and continuing medical development of health care professionals. Several aspects contribute to this, namely, the simulation model is close to the clinical experience, users can interact with virtual characters (avatars) representing real life characters involved in a clinical history, and the interactive clinical case simulation directly observes and records clinical decision-making in real time. Moreover, interactive clinical case simulation can provide a safe environment for problem based learning as it simulates virtually the diagnosis and treatment phases of the real clinical process.

The SimDeCS simulation tool has been developed to offer monitoring of the user/learner during the simulation process, providing feedback and guidance on the clinical decisions made, by means of intelligent agents, in order to discharge pedagogical tactics, and recording automatically the clinical reasoning of the user/learner as well as the time spent, thus allowing for assessment of the user/player performance.

Bayesian networks are adequate to model knowledge and to support reasoning under uncertainty knowledge modelling, under the purposes of the project. The kernel of the simulation tools is therefore composed by Bayesian networks where knowledge is modelled by professionals in the health care area through clinical guidelines set up by the Brazilian Society of Family Medicine and Community.

The use of a multi-agent architecture in this type of situation makes its implementation possible, mainly in Web developing environments, modularizing development and generating a final product of greater quality and scientific relevance.

Several works have been devoted to this purpose counting with professionals in the health care area to model the specific knowledge in Bayesian networks, which also includes experts in the computational area generating the VR-MED language domain and modelling agents, and specialists in education, all working with pedagogical tactics to forward along with professionals in the area of simulators in the front-end development or friendly user interface.

The system is under development moving forward into the validation phase which will include tests, with medical school students, and is expected to occur in June 2012. Clinical experts collaborating in the project have already modelled networks concerning clinical cases of migraine, dyspepsia and parasitosis.

A Clinical Guidelines component, approved by the Brazilian Society of Family Medicine and Community (SBMFC), is planned to be integrated into the Family Health Specialization Program.

The contents of the clinical guideline on Migraine will be presented to 120 doctors who are students of the above mentioned Specialization course. A formal evaluation will be carried out, consisting of multiple choice questions to assess the student's performance regarding the topic discussed by the Clinical Guideline. After this evaluation, students will be subjected to the SimDeCS simulation, which will assess them in terms of diagnostic hit and coherent clinical conduct, cost of the proposed research and simulated time spent solving the complex case.

In order to avoid the bias of one evaluation succeeding another (in that this could incur in "training" and change the performance of the following stage), groups will be crossed over so that half the students carry out the formal evaluation before the simulation and the other half start with the system and then do the formal evaluation.

The simulation tool will require students to practice simulation in three complex cases. The first evaluation will be discarded, as it will be a practice task allowing participants to get familiar with the system and therefore its results should not be considered for user evaluation.

After this evaluation process, the system will be made available through the Internet, as a Web service, to all the UnA-SUS partners.

**Acknowledgments.** The authors gratefully acknowledge the Brazilian agencies, CAPES and UnA-SUS, and the National Funding from FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, under the project: PEst-OE/MAT/UI0152, for the partial support to this research project.

## 10 References

1. Flores, C.D., Seixas, L., Gluz, J.C., Vicari, R.M.: A model of pedagogical negotiation. In: Bento, C., Cardoso, A., Dias, G. (eds.) *Progress in Artificial Intelligence*, 12th Portuguese Conference on Artificial Intelligence, EPIA 2005. LNCS, vol. 3808, pp. 488-499. Springer, Berlin (2005)
2. Luiz M., Helder C.: On tailoring teams of software agents tuned for tasks. In: *Proceedings of the Workshop on Multi-Agent Systems: Theory and Applications (MASTA-01)*, 10th Portuguese Conference on Artificial Intelligence. Portugal: Porto (2001)
3. Holzinger, A., Kickmeier-Rust, M. D., Wassertheurer, S., Hessinger, M.: Learning performance with interactive simulations in medical education: Lessons learned from results of learning complex physiological models with the HAEMOdynamics SIMulator. *Computer and Education*, 52, 292–301 (2009)
4. Botezatu, M., Hult, H; Fors, U.G.: Virtual patient simulation: what do students make of it? A focus group study. *BMC Medical Education* 10:91. (2010)
5. Bradley, P.: The history of simulation in medical education and possible future directions. *Medical Education*.40: 254–262 (2006)
6. Kneebone, R.: Simulation in surgical training: educational issues and practical implications. *Medical Education*. 37(3):267–77 (2003)
7. Jensen, F.V., Olsen, K.G., Andersen, S.K.: An algebra of Bayesian belief universes for knowledge-based systems. *Networks* 20, 637-659 (1990)
8. Suebnukarn, S., Haddawy, P.: A Bayesian approach to generating tutorial hints in a collaborative medical problem-based learning system. *Artif Intell Med*. 38(1), 5-24 (2005)
9. Suebnukarn, S.: Intelligent tutoring system for clinical reasoning skill acquisition in dental students. *J Dent Educ*. 73(10):1178-86 (2009)
10. Athanasiou, M., Clark, J.Y.: A Bayesian network model for the diagnosis of the caring procedure for wheelchair users with spinal injury. *Comput Methods Programs Biomed* 95(2 Suppl):S44-54 (2009)
11. de Oliveira, L.S., Andreão R.V., Sarcinelli-Filho M.: The use of Bayesian networks for heart beat classification. *Adv Exp Med Biol*. 657:217-31 (2010)
12. Pearl, J.: Belief networks revisited. *Artificial Intelligence* 59:49-56 (1993)
13. Chakravarthy, B.: Medical Simulation in EM Training and Beyond. *Newslett Soc Acad Resid* 18(1):18-19 (2006)
14. Ziv, A., Ben-David, S., Ziv, M.: Simulation Based Medical Education: an opportunity to learn from errors. *Medical Teacher* 27(3):193–199 (2005)
15. Kincaid, J. P., Hamilton, R. et al: *Simulation in Education and Training* . In: *Modeling and Simulation: Theory and Applications*. Chapter 19. Kluwer, Boston (2004)
16. Scalese, R.J., Obeso, V.T., Issenberg, S.B.: Simulation Technology for Skills Training and Competency Assessment in Medical Education. *J Gen Intern Med* 23 (Suppl 1): 46–49 (2008)
17. Issenberg, S.B., McGaghie, W.C., Petrusa, E.R., Gordon, D.L., Scalese, R.J.: Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Med Teach* 27:10–28 (2005)
18. Nishisaki, A., Keren, R., Nadkarni, V.: Does Simulation Improve Patient Safety?: Self-Efficacy, Competence, Operational Performance, and Patient Safety. *Anesthesiology Clinics* 25: 225–236 (2007)
19. Bleakley, A., Bligh, J., Browne, J.: *Beyond Practical Reasoning*. In: *Medical Education for the Future: Identity, Power and Location*. Chapter 2. Springer, New York. (2011)
20. Jensen, F.V.: *An Introduction to Bayesian Networks*. London: UCL Press, 188p (1996)
21. Mossman, J.B.: *VR-MED: Domain-Specific Language for the Development of Virtual Environments Applied to Family Medicine*. Technical report, Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (2011)
22. FIPA. SC00001L: Abstract Architecture Specification. [S.l.], 2003. <http://www.fipa.org/specs/fipa00001/>, accessed in 2011.10.01
23. Jade - Java Agent Development Framework. <http://jade.tilab.com/>
24. Brazilian Society of Family Medicine and Community (Sociedade Brasileira de Medicina de Família e Comunidade). <http://www.sbmfc.org.br/>

## Apêndice VII – ARTIGO COMPLETO LACLO 2012

Técnicas de Inteligência Artifi

laco.org/papers/index.php/laco/article/view/30

Inicio > Vol 3, No 1 (2012) > Bez

### Técnicas de Inteligência Artificial Amparando o Desenvolvimento de um Simulador de Casos Clínicos

Marta Rosecler Bez, Cecília Flores, Rosa Vicari, João Marcelo Fonseca, Vinicius Maroni, Paulo Ricardo Muniz Barros

#### Resumen

This paper presents a multi-agent learning system for health care practitioners: SimDeCS (Simulation for Decision Making in the Health Care Service). The main contribution of this work is the system architecture and model-learning environment supported by artificial intelligence techniques. The SimDeCS was designed as a multi-agent system, where three intelligent agents include: Domain Agent, Learning Agent and Mediator Agent. Domain Agent implements the knowledge model by probabilistic reasoning (Bayesian networks), with the knowledge encoded by human experts. The pedagogical strategies emerge from an influence diagram, based on the student's conduct during the simulation.

Texto completo: [PDF](#)

#### Refbacks

No hay Refbacks actualmente.

USUARIO/A  
Nombre usuario/a   
Contraseña   
 Recordar mis datos

NOTIFICACIONES

- [Ver](#)
- [Suscribirse / Des-suscribirse](#)

IDIOMA  
Español (España)

CONTENIDO DE LA REVISTA  
Buscar   
Todos

Navegar

- [Por número](#)
- [Por autor](#)
- [Por título](#)

TAMAÑO DE FUENTE

Iniciar para Anexos Técnicas de Inteligén... Laco - Microsoft Word 30-106-1-P8.pdf - Ad... PT 19:27

## Técnicas de Inteligência Artificial Amparando o Desenvolvimento de um Simulador de Casos Clínicos

Marta R. Bez<sup>a</sup>; Cecília D. Flores<sup>b</sup>; Rosa M. Vicari<sup>c</sup>; João M. L. Fonseca<sup>b</sup>; Vinícius Maroni<sup>b</sup>; Paulo R. Barros<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Universidade Feevale – FEEVALE – Novo Hamburgo/RS - Brasil*

<sup>b</sup>*Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre – UFCSPA – Porto Alegre/RS - Brasil*

<sup>c</sup>*Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS – Porto Alegre/RS - Brasil*

**Abstract.** This paper presents a multi-agent learning system for health care practitioners: SimDeCS (Simulation for Decision Making in the Health Care Service). The main contribution of this work is the system architecture and model-learning environment supported by artificial intelligence techniques. The SimDeCS was designed as a multi-agent system, where three intelligent agents include: Domain Agent, Learning Agent and Mediator Agent. Domain Agent implements the knowledge model by probabilistic reasoning (Bayesian networks), with the knowledge encoded by human experts. The pedagogical strategies emerge from an influence diagram, based on the student's conduct during the simulation.

**Keywords:** SimDeCS, Simulators, Teaching in medicine, Bayesian Networks, Influence Diagram, Multi-agent system.

**PACS:** 01.50.H; 07.06.M

### INTRODUÇÃO

Atualmente pode ser percebido um dinamismo e mudanças de conceitos dos ambientes estudantis cada vez mais em evidência. Novas métricas de ensino surgem de forma rápida e junto a elas as tecnologias educacionais. Estas, mais do que uma opção, são uma necessidade. Além disso, as lacunas entre as atividades teóricas e as experiências clínicas que os estudantes de medicina vivenciam têm sido uma preocupação entre os educadores [1]. Os sistemas universitários fornecem uma estrutura envolvendo longos períodos de estudo intercalados com a prática clínica, sendo um desafio ao estudante articular todos os conhecimentos e aplicar isso a uma prática [2] [3]. Exemplos dessas tecnologias são os diversos simuladores existentes atualmente na área [4] [5] [6].

Esse artigo apresenta o SimDeCS (Simulador de Casos Clínicos de Saúde), um ambiente computacional multi-agente destinado a apoiar a aprendizagem em medicina. Seu desenvolvimento segue o processo médico do ensino técnico e especialização, que, em geral, acontece através das seguintes atividades: consultas médicas, atendimento, aulas e sessões de discussão. O estudante de medicina pode utilizar o SimDeCS como uma ferramenta complementar para facilitar o desenvolvimento de suas habilidades, técnicas e competências sobre diagnósticos formulados, seguindo seu próprio ritmo de aprendizado. O projeto SimDeCS se constitui como uma importante oportunidade para estabelecer uma nova forma de relação entre educador e educando, inserindo ferramentas informatizadas na forma de simuladores de casos clínicos complexos no processo de aprendizado. O processo de formulação do diagnóstico médico pode ser visto como composto pelas seguintes etapas: entrevista médica (anamnese), história de evolução da doença atual, avaliação de hipóteses diagnósticas, diagnóstico diferencial e seleção do diagnóstico presuntivo. Quando necessário e adequado, o médico poderá lançar mão de revisões de literatura técnica ou de exames complementares para confirmação de sua hipótese diagnóstica definitiva. De posse do diagnóstico, o médico elaborará a conduta, que pode ser a prescrição de um determinado medicamento, encaminhamento para um especialista ou a solicitação de novos exames.

Na próxima seção desse artigo é apresentada a investigação sobre simuladores desenvolvida como base para projetar o SimDeCS. Na seção dois, os formalismos utilizados são apresentados, para o entendimento da proposta. A seção três apresenta o simulador desenvolvido, dando ênfase ao diagrama de influência, que possibilita inferir a melhor estratégia pedagógica a ser disparada ao aluno.

## 1. SIMULADORES PARA O ENSINO NA ÁREA DA SAÚDE

Simulações médicas tiveram sua origem na anestesiologia [7] em grupos que fizeram suas pesquisas com recursos e treinamentos com a ideia de reduzir riscos em situações reais. Treinamento em situações de emergência por meio de cursos imersivos como *Basic Life Support (BLS)*, *Advanced Cardiac Life Support (ACLS)*, *Advanced Trauma Life Support (ATLS)*, and *Pediatric Advanced Life Support (PALS)* fazem uso de cenários simulados para a aprendizagem, exercícios que os preparem para atuar com pacientes reais em situações corriqueiras da profissão.

De acordo com [8] simuladores de ensino médico pode ser compreendido de forma ampla como ferramentas que permitem que os educadores possam manter o controle total em cenários clínicos pré-selecionados, descartando nessa fase de aprendizagem todos os riscos potenciais ao paciente.

Segundo [9] existem diversas vantagens no uso de simuladores para o ensino médico, tais como:

- auxilia o aluno a compreender as relações complexas que de outro modo exigiria equipamento caro ou experiências potencialmente perigosas;
- concede a aplicação de conhecimentos científicos e técnicos de forma integrada e simultânea;
- permite que o aluno busque novos métodos e estratégias para a solução de um mesmo caso do estudo;
- fornece um ambiente próximo da realidade para a formação e o reforço dos conhecimentos adquiridos;
- reduz o risco em situações autênticas.

Bradley [10] complementa identificando outros benefícios, como:

- riscos para os pacientes e alunos são evitados;
- a interferência indesejada de fatores externos ao foco do ensino é reduzida;
- as habilidades podem ser praticadas repetidamente;
- o treinamento pode ser adaptado para os indivíduos;
- a retenção e precisão são aumentados;
- a transferência de treinamento da sala de aula para uma situação real é reforçada;
- normas de referência para avaliar o desempenho dos alunos e diagnosticar as necessidades educacionais são reforçadas.

Principalmente na área de cuidados de saúde, os simuladores geralmente permitem com facilidade a consideração paralela na tomada de decisões no impacto econômico sobre as estratégias utilizadas. Segundo Stanford [11] enquanto participam da rotação clínica como estudantes, pode ocorrer um caso particular ou tipo de paciente nunca observado, podendo esse ser simulado e o aluno obter informações importantes para seu futuro profissional.

Foi realizada uma busca no MedLine sobre o uso de simuladores no ensino na área da saúde registrados no período de 2007 a 2012. Foram inseridas quatro palavras-chave para busca, a saber: *simulation, medicine, learning, computer*, retornando 217 registros, distribuídos conforme demonstrado na Tabela 1. Analisando os resumos desses artigos, foram descartados 87 registros, pois esses, apesar das palavras-chave, não se referiam a ensino com o uso de simulação, sendo a maioria simulação computacional e aprendizagem de máquina. Ao final, restaram 132 registros a ser analisados. Cabe salientar que MedLine é uma base de dados de artigos internacionais da área médica e biomédica, produzida pela National Library of Medicine, USA – NLM. Contém, atualmente, referências bibliográficas e resumos de mais de 4.000 títulos de revistas publicadas nos EUA e em outros 70 países. A literatura nessa base de artigos conta com aproximadamente 11 milhões de registros desde 1966, cobrindo as áreas de medicina, biomedicina, enfermagem, odontologia, veterinária e ciências afins.

TABELA 1. Artigos sobre simuladores na área da saúde por ano e tipo de simulação

Ano	Teoria	Realidade Virtual	Manequins	Paciente Virtual	Não Identificado	Vídeo	Teatro	Total
2007	5	6	1	4	2			18
2008	9	8	1	1	2			21
2009	9	2	1	4	1			17
2010	7	7	5	3	3			25
2011	8	17	3	5	3	1	1	38

Ano	Teoria	Realidade Virtual	Manequins	Paciente Virtual	Não Identificado	Vídeo	Teatro	Total
2012*	2	6	1	2	2			13
<b>TOTAL</b>	40	46	12	19	13	1	1	132

\* Pesquisa realizada em junho de 2012, em função disso, os resultados de 2012 referem-se somente aos primeiros cinco meses.

O que pode-se perceber ao analisar a tabela anterior é um aumento significativo no número de publicações no desenvolvimento e uso de simuladores para o ensino na área da saúde, principalmente no que se refere as tecnologias como realidade virtual. Os artigos que envolvem a teoria e pacientes virtuais foram analisados na íntegra, buscando subsídios para embasar o desenvolvimento de um Simulador de Casos Clínicos de Saúde (SimDeCS) que será apresentado na seção três. Porém, torna-se necessário antes apresentar alguns formalismos utilizados nesse trabalho.

## 2. FORMALISMOS EMPREGADOS NO SIMDECS

O SimDeCS utiliza-se de três formalismos importantes da área da Inteligência Artificial que conferem robusta estrutura e evidenciam a pesquisa científica que embasa o simulador desenvolvido: redes bayesianas, diagrama de influência e sistemas multi-agentes. Esses formalismos são apresentados na sequência.

### 2.1 Redes Bayesianas

Por sua utilidade na modelagem e tratamento da incerteza, as redes bayesianas têm ganhado importância no meio científico, em especial no ramo da medicina [12]. Considerando sua frequente utilização e, principalmente, sua íntima ligação com a área de diagnóstico médico, as redes bayesianas parecem adequadas para uso em um simulador de casos clínicos.

Numa direção distinta, Pearl [13] desenvolveu uma argumentação em que sugere que o raciocínio humano adota uma estratégia diferente, que desvia seu foco da faceta quantitativa da representação das probabilidades para dar mais atenção às relações de dependência entre as variáveis. Isso o leva diretamente à conclusão de que a estrutura do conhecimento utilizada para avaliação humana é da espécie dos grafos de dependência e que percorrer as conexões entre seus nodos consiste nos processos básicos de pesquisa e atualização do conhecimento. Alinhado com esse raciocínio, tem-se o conceito de redes bayesianas.

De um modo geral, redes bayesianas (RB) podem ser consideradas modelos de representação de conhecimento incerto, baseados no Teorema de Bayes, que compreendem um aspecto qualitativo – representado por um grafo acíclico que indica as relações causais entre as variáveis do domínio – e outro quantitativo – dado por valores de probabilidade que codificam a incerteza quanto a essas relações causais. RBs baseiam-se no princípio de que, como grande parte das variáveis de um domínio é condicionalmente independente, não é necessário calcular todas as suas probabilidades conjuntas, sendo possível ignorar ramificações irrelevantes para a consulta que se está fazendo [14]. Um exemplo de rede bayesiana para cefaléia é apresentada na Figura 1.

Na figura, a direita são apresentados sintomas, diagnósticos e condutas (nodos da rede) e a relação de dependência entre os nodos (representados pelos arcos/setas). A esquerda, os estados dos nodos e valores possíveis para cada nodo.

Por fim, formalmente pode-se definir uma rede bayesiana como um grafo acíclico onde os nodos são variáveis randomicas e os arcos representam as relações de dependência probabilística entre os nodos conectados. A força da relação de  $x_i$  com  $pa(x_i)$ , os seus pais (nodos com arcos que chegam em  $x_i$ ) é dada por  $P(x_i|pa(x_i))$ , a distribuição de probabilidade condicional de  $x_i$  dado seus pais. A distribuição de probabilidade conjunta de todas as variáveis é dada por  $P(x_1, \dots, x_n)$ . Se  $pa(x_i)$  é um conjunto vazio,  $P(x_i|pa(x_i))$  é reduzida para a distribuição incondicional de  $x_i$ .

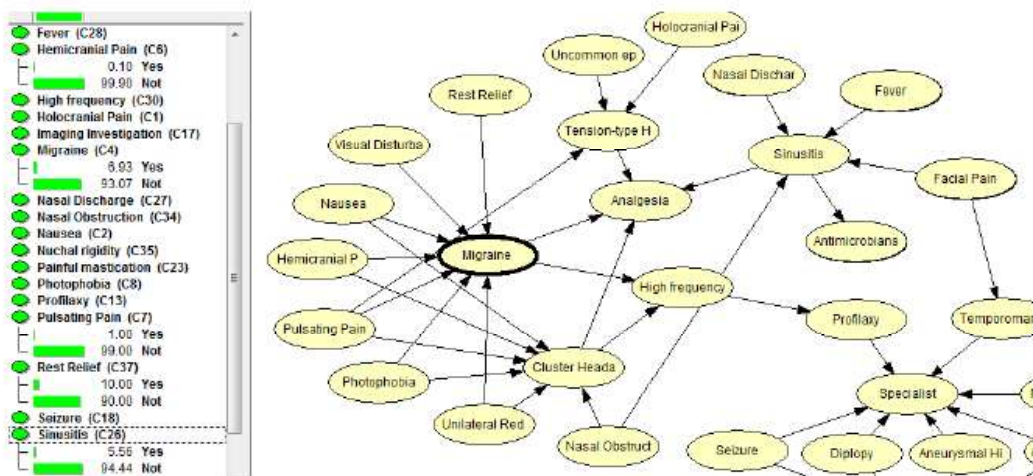


FIGURA 1. Exemplo de Rede Bayesiana de Cefaléia

## 2.2 Diagrama de Influência

Um Diagrama de Influência (DI), Segundo Perl [13] é uma representação visual da decisão de um problema que provê um caminho intuitivo e apresenta elementos essenciais, incluindo decisões, incertezas e objetivos e como um influencia no outro.. Um DI é um grafo acíclico direcionado com três tipos de nodos: decisão (que representa as decisões ou alternativas), acaso (representa acontecimentos e resultados incertos) e consequência (representa as consequências das decisões).

Formalmente apresentado, um Diagrama de Influência, Segundo Gluz [15] é um grafo acíclico orientado (DAG)  $G = (N, E)$ , onde  $N = P \cup D \cup U \cup \Psi$  é o conjunto dos nós e  $E$ , o conjunto dos arcos, sendo  $P$ , nós de probabilidade, variáveis aleatórias (ovais). Cada nó tem associado uma tabela de probabilidades condicionais.  $D$ , nós de decisão, pontos de escolha de ações (retângulos). Seus nós pais podem ser outros nós de decisão ou nós de probabilidade.  $\Psi$ , nós de utilidade, funções de utilidade (losangos). Cada nó possui uma tabela contendo a descrição da utilidade como funções das variáveis associadas aos seus pais. Seus pais podem ser nós de decisão ou nós de probabilidade. Os arcos condicionais são arcos incidindo em nós probabilísticos ou de utilidade e representam dependência probabilística.

Um objetivo combina múltiplas sub-objetivos ou atributos, que podem estar em conflito - como os custos de energia, benefícios e ambientes de risco. Geralmente, o objetivo é incerto, a análise de decisão sugere maximizar o valor esperado, ou genericamente, a utilidade esperada, baseada no risco. Uma seta indica a uma influência.  $X$  influencia  $Y$  dados que  $X$  afeta diretamente nossa crença ou expectativa sobre o valor de  $Y$ . Uma influência expressa conhecimento sobre relevância e não implica necessariamente uma relação causal, ou um fluxo de material, dados ou dinheiro. Um exemplo de Diagrama de Influência é apresentado na Figura 2, onde as variáveis são representadas por elipses. Essas influenciam diretamente na tática a ser disparada (representada pelo retângulo). A decisão da melhor tática é realizada pelo nodo Utility (losango).

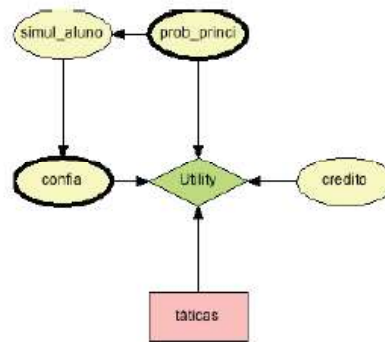


FIGURA 2. Exemplo de Diagrama de Influência [12]

### 2.3 Sistemas Multiagente

Os Sistemas Multiagente (SMA) são sistemas compostos por múltiplos agentes que exibem um comportamento autônomo, mas ao mesmo tempo interagem com os outros agentes presentes no sistema. Esses agentes exibem duas características fundamentais: serem capazes de agir de forma autônoma, tomando decisões que levem à satisfação dos seus objetivos; serem capazes de interagir com outros agentes utilizando protocolos de interação social inspirados nos humanos e incluindo pelo menos algumas das seguintes funcionalidades: coordenação, cooperação, competição e negociação.

Os SMA constituem um campo relativamente novo na computação. Embora o início da pesquisa nessa área tenha ocorrido nos anos 80, só em meados dos anos 90 ganhou uma notoriedade digna de destaque [16]. Ao longo dos últimos anos a pesquisa sobre SMA tem sofrido um acentuado crescimento. Tal crescimento levou ao aparecimento de publicações e conferências internacionais sobre o assunto.

Um SMA é um sistema computacional em que dois ou mais agentes interagem ou trabalham em conjunto de forma a desempenhar determinadas tarefas ou satisfazer um conjunto de objetivos. A investigação científica e a implementação prática de SMA estão focadas na construção de padrões, princípios e modelos que permitam a criação de pequenas e grandes sociedades de agentes semi-autônomos, capazes de interagir convenientemente de forma a atingirem os seus objetivos [17].

Um dos pontos essenciais para permitir a construção de sociedades de agentes consiste em conseguir gerir as interações e as dependências das atividades dos diferentes agentes no contexto do SMA, i.e., coordenar esses agentes. Dessa forma, a coordenação desempenha um papel essencial nos SMA, pois esses sistemas são inerentemente distribuídos. Aliás, o tema designado genericamente por coordenação constitui um dos maiores domínios científicos da ciência da computação.

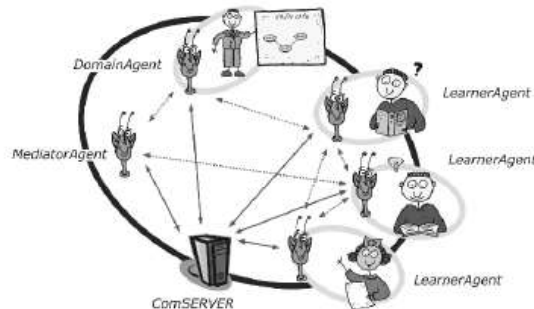


FIGURA 3. Exemplo de Ambiente Multiagente [12]

Os SMA incluem diversos agentes (como mostrado na Figura 3) que interagem ou trabalham em conjunto, podendo compreender agentes homogêneos ou heterogêneos. Cada agente é basicamente um elemento capaz de resolução autônoma de problemas e opera assincronamente com respeito aos outros agentes. Para que um agente possa operar como parte do sistema, é necessária a existência de uma infra-estrutura que permita a comunicação e/ou interação entre os agentes que compõem o SMA.

### 3. SIMULADOR DE CASOS CLÍNICOS DE SAÚDE (SIMDECS)

O ambiente SimDeCS (Simulador de Casos Clínicos de Saúde) deve permitir aos alunos de medicina a análise de vários casos clínicos, apoiando sua aprendizagem, facilitando o desenvolvimento de suas habilidades técnicas e competências sobre diagnósticos formulados. A estrutura do SimDeCS é apresentada na figura a seguir.

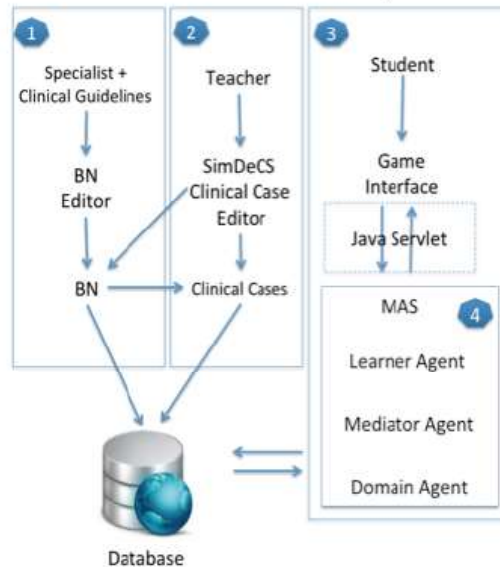


FIGURA 4. Estrutura do Simulador SimDeCS

Conforme apresentado na Figura 4, o especialista estrutura o conhecimento através da construção de Redes Bayesianas (1). É importante salientar que a representação do conhecimento se dá pela criação de Redes Bayesianas (RB) por especialistas, usando como fonte básica as Diretrizes Clínicas de Família e Comunidade. A escolha pelo uso de RB se justifica em função de revisões na literatura médica, a qual indicam que o processo de decisão e raciocínio diagnóstico é incerto, muitas vezes com informações imprecisas [19], [20].

As redes bayesianas construídas ficam disponíveis para que professores possam criar diversos casos de estudos clínicos (2), que serão disponibilizados aos alunos. Ao incluir livremente sintomas e sinais disponíveis na rede, o professor propaga as probabilidades fazendo emergir um ou mais diagnósticos e suas respectivas condutas, modelando assim o caso que será simulado pelos alunos. Os casos clínicos são armazenados em um Banco de Dados (BD), composto pelos nodos selecionados pelo professor para as etapas de investigação, diagnóstico e conduta. No banco de casos também são armazenadas informações adicionais sobre o caso clínico, bem como dados do prontuário do paciente. Os nodos da rede que representam a investigação são armazenados no formato de perguntas, disponibilizadas no simulador para que o aluno possa investigar o caso clínico. Ao fazer a pergunta, o simulador consulta a rede modelada pelo professor e obtém uma resposta que expressa coloquialmente a probabilidade do nodo naquele momento.

Quando da execução da simulação, o aluno é acompanhado por um agente, denominado Aprendiz, que informa ao agente Mediador as decisões tomadas pelo aluno (3). O agente Mediador recebe informações do ambiente que está sendo simulado e propaga em um Diagrama de Influência (4) de onde emerge uma estratégia pedagógica a ser

disparada ao aluno. A combinação da estratégia pedagógica com possíveis erros cometidos pelo aluno durante a simulação permite selecionar a mensagem ideal a ser apresentada para cada caso.

Dois aspectos importantes são analisados no comportamento do aluno durante a simulação: a confiança e credibilidade. A confiabilidade do aluno é declarada por esse em quatro estágios da simulação: no início do caso clínico, ao final da etapa de investigação, ao final da etapa de diagnóstico e quando o aluno finaliza a conduta, podendo, em todos os casos, estar entre as opções de baixa, média ou alta. Os valores iniciais para esses nodos são baseados nos estudos de [21] e [22].

A credibilidade é definida pelo acompanhamento que o agente aprendiz faz sobre o processo de simulação do aluno. O agente aprendiz define a credibilidade do sistema no aluno em uma das três categorias:

- Baixa credibilidade: em casos de indecisão ou insegurança, por exemplo, se o aluno retorna várias vezes à módulos anteriores, ou altera opções de perguntas ou diagnóstico, etc.
- Média credibilidade: em casos em que o aluno retorna poucas vezes nos módulos da simulação, alterando opções ou realizando mais perguntas no diagnóstico.
- Alta credibilidade: quando o aluno percorre a simulação de forma lógica e segura, optando por questionamentos pertinentes na fase de investigação, diagnóstico e conduta.

A credibilidade do sistema no aluno é calculada com base em algumas variáveis coletadas durante o processo de simulação. Estando entre elas a leitura da ficha do paciente, o número de nodos bogus (perguntas irrelevantes ao caso) questionados e o processo de investigação, o qual leva em consideração as perguntas realizadas durante a anamnese, os exames físicos e complementares solicitados, o diagnóstico e a conduta, conforme apresentado no DI (figura 5) e explicado na sequência.

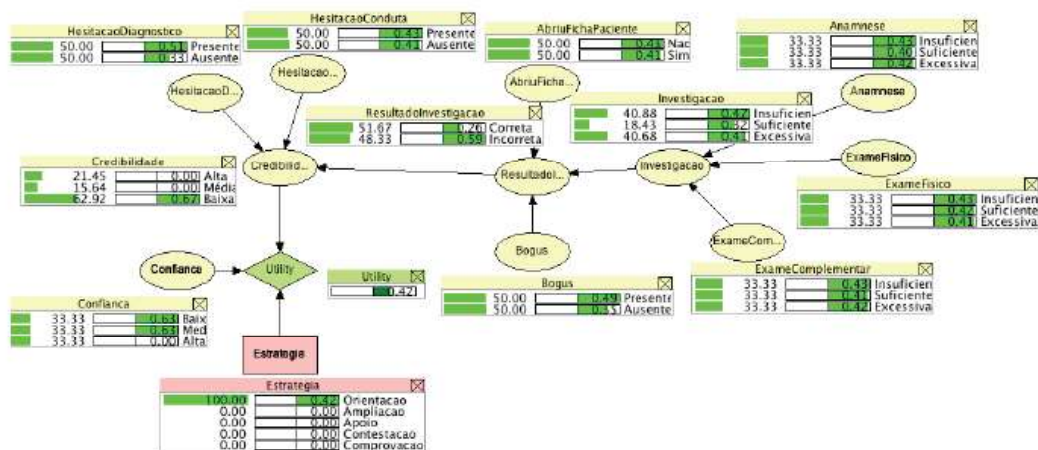


FIGURA 5. Diagrama de Influência utilizado no SimDeCS para seleção da estratégia pedagógica

Os valores dos estados dos nodos do DI são determinados em tempo de execução baseados em informações registradas no LOG gerado durante a simulação pelo Agente Aprendiz, que acompanha todos os passos do aluno. O valor do estado dos nodos são inseridos para extrair a melhor estratégia pedagógica a ser indicada ao aluno. Os valores finais dos estados dos nodos serão apresentados na sequência.

O nodo Bogus (perguntas que não influenciam no caso) tem seu valor obtido pelo percentual de perguntas desse tipo realizadas pelo aluno em relação ao total de perguntas disponível no banco de perguntas. Os estados possíveis para esse nodo são: presente e ausente, sendo estabelecidos da seguinte forma:

- [00% - 10%] – (presente = 0, ausente=1)
- (10% - 30%) – (presente = 0,4 e ausente = 0,6)
- (30% - 100%) – (presente = 1, ausente=0).

O nodo AbriuFichaP é obtido através do ato do aluno, no momento da simulação, realizar a abertura ou leitura do prontuário do paciente. Seu valor é determinado como um para “sim” e zero para “não”.

O nodo Anamnese tem seu valor obtido pelo percentual de perguntas realizadas em relação ao total de perguntas disponível no banco de perguntas, podendo ter três estados: Insuficiente, Suficiente e Excessiva. Os estados desse serão estabelecidos da seguinte forma:

[00% - 25%] - (insuficiente = 1, suficiente = 0 e excessiva = 0)

(25% - 75%) - (insuficiente = 0, suficiente = 1 e excessiva = 0)

(75% - 100%) - (insuficiente = 0, suficiente = 0 e excessiva = 1).

ExamesFísicos e ExamesComplementares são os nodos que tem sua informação obtida pelo percentual de exames realizados em relação aos disponíveis no banco de dados. Esta variável possui três estados: Insuficiente; Suficiente; Excessiva, sendo estabelecidos conforme o percentual e distribuídos da seguinte forma:

[00% - 25%] - (insuficiente = 1, suficiente = 0 e excessiva = 0)

(25% - 75%) - (insuficiente = 0, suficiente = 1 e excessiva = 0)

(75% - 100%) - (insuficiente = 0, suficiente = 0 e excessiva = 1).

O nodo HesitacaoDiagnostico tem sua informação obtida através da quantidade de vezes que o aluno desmarca (retira a seleção) um diagnóstico após o ter concedido ao paciente, representando insegurança do educando. Esta variável possui dois estados: Presente e Ausente, podendo ser:

Nenhuma modificação (presente = 0 e ausente = 1)

Uma modificação (presente = 0,6 e ausente = 0,4)

Duas ou mais modificações (presente = 1 e ausente = 0).

Para o nodo HesitaConduta, a informação é obtida através da quantidade de vezes que o aluno desmarca (retira a seleção) uma conduta após o ter concedido ao paciente, representando insegurança do educando. Esta variável possui dois estados: Presente e Ausente, podendo ser:

Nenhuma modificação (presente = 0 e ausente = 1)

Uma modificação (presente = 0,6 e ausente = 0,4)

Duas ou mais modificações (presente = 1 e ausente = 0)

O nodo utility cria uma média ponderada entre os critérios que definem a utilidade do problema a ser decidido e deverá resultar na escolha da melhor decisão, que seja ótima em todos os critérios simultaneamente, mas não necessariamente o melhor no que diz respeito a cada nodo individualmente. A partir do resultado da combinação dos estados possíveis nos nodos credibilidade e confiança, é gerada a estratégia pedagógica a ser disparada ao aluno (tabela 2).

TABELA 2. Estratégias disponíveis no Diagrama de Influência

		CREDIBILIDADE		
		ALTA	MÉDIA	BAIXA
CONFIANÇA	ALTA	Ampliação	Contestação	Contestação
	MÉDIA	Comprovação	Contestação	Orientação
	BAIXA	Apoio	Apoio	Orientação

Cinco estratégias pedagógicas estão disponíveis no SimDeCS: ampliação, contestação, comprovação, orientação e apoio. A mensagem a ser disparada pelo agente mediador ao aluno é dependente da estratégia que emerge do Diagrama de Influência e dos erros, descritos na sequência:

**Erros de Investigação:** não abriu a ficha do paciente; adequada; excessiva (mais de 90%); faltante (menos de 10%); bogus (mais de 25%); dispendiosa e demorada.

**Erros de Diagnóstico:** correto; incompleto mas plausível; incompleto mas implausível;

**Erros de Conduta:** correta; incorreta, coerente com o diagnóstico; correto, incoerente com o diagnóstico; falta; dispendiosa; demorada.

Cada estratégia é explicada na sequência, bem como apresentado um exemplo de mensagem de acordo com o erro observado na simulação.

**Orientação:** deve ser disparada quando a credibilidade do sistema no aluno for baixa e a confiança declarada pelo mesmo for média ou baixa. Nesse caso o simulador não acredita que o aluno irá conseguir atingir seus objetivos e o educando também demonstra pouca confiança em seu trabalho. Essa visa fazer com que o aluno reveja seus procedimentos e nesse caso o agente Mediador deve encaminhar ao aluno mensagens de correção ou sugestões de alterações. Um exemplo de mensagem de orientação para o caso de Investigação adequada é: *“Apesar de sentir-se um pouco inseguro, estás no caminho correto. Verifique que outras perguntas podem fazer ao paciente que reforcem o diagnóstico e possam lhe trazer mais segurança quanto a solução desse caso.”*

**Ampliação:** deve ser disparada quando a credibilidade do sistema no aluno for alta e a confiança declarada pelo mesmo for alta também. Nesse caso o simulador acredita no potencial da simulação do aluno e esse tem alta confiança em seu trabalho. Visa incentivar o aluno a buscar conhecimentos extras e estimular seu raciocínio e, nesse caso, o mediador deve enviar mensagens de discussão do caso ou problematização. Um exemplo de mensagem de ampliação para o caso de Investigação dispendiosa é: *“Apesar de seu raciocínio diagnóstico estar correto, é necessário que você analise os custos da sua investigação que se tornaram excessivos. Repense e problematize no sentido de buscar a identificação do diagnóstico com um custo mais baixo.”*

**Apoio:** deve ser disparada quando a credibilidade do sistema no aluno for alta ou média e a confiança declarada pelo mesmo for baixa. Nesse caso o simulador acredita no potencial da simulação do aluno, porém o aluno se demonstra com pouca confiança na simulação realizada. Neste tipo de estratégia a abordagem visa incentivar o aluno a prosseguir em seu raciocínio. O mediador deve enviar mensagens com exemplos similares, buscando reforçar a confiança do aluno. Um exemplo de mensagem de apoio para o caso de Diagnóstico incompleto, mas plausível é: *“Chegaste a um diagnóstico plausível para o caso investigado. Você está seguindo uma linha de raciocínio diagnóstico correta. Revise as perguntas feitas ao paciente, procure novas perguntas que possam deixá-lo mais confiante quanto a correta solução desse caso.”*

**Contestação:** deve ser disparada quando a credibilidade do sistema no aluno for baixa ou média e a confiança declarada pelo mesmo for alta ou média. Ocorre quando o simulador não acredita que o aluno conseguirá concluir sua simulação de forma satisfatória, porém o aluno tem alta confiança em seus conhecimentos. Visa mostrar erros, despertar no educando o senso crítico sobre si mesmo, e principalmente ser a motivação para que revise seu raciocínio e refaça algum procedimento. O mediador deve enviar mensagens de experimentação, busca ou reflexão. Um exemplo de mensagem de contestação para o caso de Conduta incorreta, porém coerente com o diagnóstico é: *“A conduta escolhida por você está incorreta, porém coerente com o diagnóstico. Reflita sobre o que o levou ao diagnóstico errado, se necessário busque mais indícios na fase de investigação.”*

**Comprovação:** deve ser disparada quando a credibilidade do sistema no aluno for alta e a confiança declarada pelo mesmo for média. Quando o simulador acredita no potencial do aluno, porém o aluno se demonstra ainda inseguro sobre a simulação realizada. Neste tipo de estratégia a abordagem visa incentivar o aluno a prosseguir em seu raciocínio dando-lhe segurança sobre seu raciocínio. O mediador deve enviar mensagens de demonstração de casos semelhantes. Um exemplo de mensagem de comprovação para o caso de Conduta excessiva é: *“Sua investigação e diagnóstico o levou a uma conduta correta, porém excessiva. Leia casos semelhantes a esse e veja como foi solucionado. Isso lhe dará mais segurança quanto a resolução desse caso.”*

## CONCLUSÃO

O ensino na área de medicina é sabidamente um domínio extenso e complexo. Além disso, trata-se de uma das áreas do conhecimento de maior valor social, por motivos óbvios. Dessa forma, qualquer esforço para torná-lo mais acessível e facilitado é seguramente bem-vindo. Nesse caminho encontram-se os simuladores que têm sido desenvolvidos para o campo do ensino médico, em especial na área de representação do conhecimento.

Além da grande extensão e da complexidade, o domínio médico também é caracterizado por um forte componente de incerteza. Esse fator está presente sobretudo no processo de diagnóstico, onde a informação disponível é frequentemente incompleta e/ou imprecisa. Nesse contexto, então, o formalismo adequado para o caso são as Redes Bayesianas (RBs).

O uso de um simulador estruturado sobre redes bayesianas permite emular com maior fidelidade o processo de elaboração diagnóstica na Medicina. Ao valorar diferenciadamente a correção das decisões do aluno (credibilidade) comparativamente a sua própria confiança nessas mesmas escolhas, permite diferenciar as estratégias sugeridas pelo simulador, atendendo assim o requisito pedagógico de particularizar as necessidades de cada aluno. O fato do mesmo sistema poder ser usado em diferentes domínios de conhecimento apenas modificando a rede bayesiana utilizada é outro diferencial. A escolha de uma arquitetura multiagente permite uma maior autonomia da aplicação, uma vez que os agentes podem perceber o ambiente e tomar decisões baseando-se em crenças e objetivos próprios, de forma independente e também possibilitando a cooperação para resolução dos conflitos, propondo, desta forma, soluções inteligentes, baseadas no conhecimento do especialista de domínio representado na rede bayesiana.

No SimDeCS foram inseridas variáveis que permitem acompanhar o andamento do aluno no decorrer de toda a simulação (anamnese, exames físicos, exames complementares, que compõem a investigação; abertura da ficha, nodos bogus combinados com a investigação geram o Resultado Investigativo; que, por sua vez, resulta na credibilidade; a hesitação no diagnóstico, a hesitação na conduta e a confiança do aluno). Dessa maneira, as

principais dificuldades dos alunos de medicina na resolução de casos clínicos são levadas em consideração para que uma estratégia pedagógica possa emergir do Diagrama de Influência, podendo o aluno ser acompanhado durante todo o processo de simulação.

O sistema está em fase final de desenvolvimento, existindo atualmente três redes construídas (cefaléia, parasitose, dispepsia) sendo, dessa forma, possível modelar em torno de oitenta casos clínicos pelos professores que desejarem desenhar os seus próprios casos. Para a rede cefaleia, dez casos clínicos foram preparados para uso com alunos. A equipe de desenvolvimento (composta por professores da área da saúde e da computação) está preparando uma oficina para formação de professores no desenvolvimento de casos clínicos e aplicação dos mesmos aos alunos para o Segundo semestre de 2012. A forma de avaliação do uso do simulador ainda está em estudo, com base nos artigos extraídos do Medline.

Como melhorias futuras no simulador pretendemos implementar o fator temporal, permitindo que uma ou diversas decisões corretas ou aceitáveis em determinado momento possam ser avaliadas como incorretas se passado o momento oportuno, algo frequente na tomada de decisão clínica por mudança (ou agravamento) dos sintomas do paciente, surgimento de novas informações em uma reconsulta ou falha da terapêutica inicial proposta. Para isso, estudos estão sendo realizados no sentido de utilizar *fuzzy influence diagrams* (FID) [23] para a seleção das estratégias pedagógicas a ser disparadas pelo agente mediador.

## REFERENCIAS

- HIGGS, J.; JONES, M. A.; LOFTUS, S.; CHRISTENSEN, N. *Clinical reasoning in the health professions*. Elsevier. 3.ed. 2008.
- FORTE, M., SOUZA, W. L. de, PRADO, A. F. Portfólio Eletrônico Ubíquo no Aprendizado de Medicina. In: XII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde (CBIS 2010), 2010, Porto de Galinhas-PE. XII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde (CBIS 2010). São Paulo: Sociedade Brasileira de Informática em Saúde, 2010. p. 1-6.
- BROWN, M. P.; AUSTON, K. *Appl. Phys. Letters* 85, 2503-2504 (2004).
- BROOKFIELD, S. D. *The power of critical theory: liberating adult learning and teaching*. Jossey-Bass, San Francisco, 2005.
- SMITH, S. J.; ROEHRS, C. J. (2009). High-fidelity simulation: Factor correlated with nursing student satisfaction and self-confidence. *Nursing Education Perspectives*, 30(2), 77-78.
- BOTEZATU, M., HULT, H; FORS, U. G. (2010). Virtual patient simulation: what do students make of it? A focus group study. *BMC Medical Education*, 2010 10:91.
- HOLZINGER, A.; KICKMEIER-RUST, M. D.; WASSERTHEURER, S.; HESSINGER, M. (2009). Learning performance with interactive simulations in medical education: Lessons learned from results of learning complex physiological models with the HAEMOdynamics SIMulator. *Computer and Education*, 52, 292-301.
- CHAKRAVARTHY, B.: Medical Simulation in EM Training and Beyond. *Newslett Soc Acad Resid* 18(1):18-19 (2006).
- ZIV, A.; BEN-DAVID, S.; ZIV, M. (2005) Simulation Based Medical Education: an opportunity to learn from errors. *Medical Teacher* 27(3):193-199.
- KINCAID, J. P.; HAMILTON, R. et al. (2004) Simulation in Education and Training . In: *Modeling and Simulation: Theory and Applications*. Chapter 19. Kluwer, Boston.
- BRADLEY, P. (2006) The history of simulation in medical education and possible future directions. *Medical Education*. 40: 254-262.
- STANFORD, P. G. (2010) Simulation in Nursing Education: a review of the research. The Qualitative Report. Nova Southeastern University – Florida – USA. v. 15, n. 14. Disponível em: [www.nova.edu/ssss/QR/QR15-4/stanford.pdf](http://www.nova.edu/ssss/QR/QR15-4/stanford.pdf). Acesso em janeiro de 2012.
- FLORES, C. D.; SEIXAS, L.; GLUZ, J. C.; VICARI, R. M. A Model of Pedagogical Negotiation. In: *Multi-Agent Systems: Theory And Applications Workshop - MASTA, 2005, Covilhã. 12th Encontro Portugues de Inteligencia Artificial - EPIA 2005*. Berlin: Springer Verlag, 2005. v. 1.
- PEARL, J. (1988) Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems. Elsevier. V. 1. 2 ed. p.552.
- NIEDERMAYER, Daryle. *An Introduction to Bayesian Networks and Their Contemporary Applications*. In: *Innovations in Bayesian Networks*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 117-130, 2008.
- GLUZ, J. C.; VICARI, R. M.; FLORES, Cecilia Dias; SEIXAS, Louise. Formal Analysis of a Probabilistic Knowledge Communication Framework. In: *Advances in Artificial Intelligence - IBERAMIA-SBIA, 2006*. Berlin: Springer-Verlag, Heidelberg, 2006, v. 4140/2006,p.138-148.
- WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. Pitfalls of Agent-Oriented. Development. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTONOMOUS AGENTS, Agents, 2., 1998, St. Paul. Proceedings...* New York : ACM Press, 1998. p. 385-391. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=280765.280867>.
- LESSER, V. Cooperative Multi-Agent Systems: A Personal View of the State of the Art. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, v. 11, n. 1, p. 133- 142, 1999.
- EPSTEIN, R. Assessment in medical education. *New England Journal of Medicine*. 356(4). 2007. p. 387-396.

19. SIMEL, D. L. Chapter 6 – Approach To The Patient: History And Physical Examination. In: Cecil Medicine. Saunders Elsevier, 23rd Edition, 2007.
20. SCHWARTZ, A.; ELSTEIN, A. S. Clinical reasoning in medicine. In: Clinical Reasoning in the Health Professions. Elsevier. 3. Ed. 2008.
21. FLORES, C.D., SEIXAS, L., GLUZ, J. C., PATRÍCIO, D., GIACOMEL, F., GONÇALVES, L., VICARI, R.M. (2005) AMPLIA Learning Environment Architecture. In: 13th International Conference on Computers in Education (ICCE2005), Cingapura. Towards Sustainable and Scalable Educational Innovations Informed by the Learning Sciences. Tokyo:IOS Press, p. 662-665. 10.
22. FLORES, C. D., GLUZ, J. C., SEIXAS, L., VICCARI, R. M. (2004) Amplia Learning Environment: A Proposal for Pedagogical Negotiation. In: Proceedings of 6th International Conference on Enterprise Information Systems. Porto, Portugal, INSTICC, Vol. IV, pp. 279-286.
23. AN, N.; LIU, J.; BAI, Y. Fuzzy Influence Diagrams: An Approach to Customer Satisfaction Measurement. Proceedings of the Fourth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery. IEEE, 2007. v. 04, pp. 493-497

**Apêndice VIII – ARTIGO COMPLETO WESAAC 2011**

**Segunda edição dos Anais do  
V Workshop-Escola de Sistemas de Agentes,  
seus Ambientes e aplicações**

— WESAAC 2011 —

Organizado por

**Gustavo A. Giménez Lugo  
Jomi Fred Hübner  
Cesar Augusto Tacla**

Curitiba, 27-29 Abril de 2011

Anais do V Workshop-Escola de Sistemas de Agentes, seus Ambientes e aplicações — V WESAAC / Lugo, G.A.G.; Hübner, J.F.; Tacla, C.A. (Org) — Curitiba, 2011.

203p. :il.

ISSN 2177-2096

I. Agentes. 2. Sistemas de Agentes. 3. Ambientes para Agentes. 4. Aplicações de Agentes. I. Lugo, G.A.G. II. Hübner, J.F. III. Tacla, C.A.

CDD

Modelando a Organização Social de um Experimento de Gestão Social de Hortas Urbanas .....	163
<i>Thiago Rodrigues, Iverton Santos, Glenda Dimuro, Antônio Carlos da Rocha Costa e Graçaliz Dimuro</i>	
Uma plataforma para desenvolvimento de sistemas multiagente BDI na Web .....	167
<i>Maurício O. Haensch, Diogo De Campos e Ricardo A. Silveira</i>	
NetLogo e o modelo Climate Change como ferramenta para a Simulação do Efeito Estufa .....	171
<i>Diogo Veber Lima, Antônio Carlos da Rocha Costa e Nisia Krusche</i>	
DIMI 3D - Agente Companheiro para um Ambiente Virtual de Aprendizagem .....	175
<i>Michael Fernando Künzel, Andréa Konzen da Silva, Rejane Frozza, Daniela Bagatini e Beatriz Lux</i>	
<b>SimDeCS: Arquitetura de um Sistema Multiagente para Simulação de Tomadas de Decisão em Cuidados de Saúde .....</b>	<b>179</b>
<b><i>Vinicius Maroni, João Batista Mossmann, Paulo Ricardo Barros, João Marcelo Fonseca, Eduardo Zanatta, Elton Erhardt, Sívio César Cazella, Alessandra Dahmer e Cecília Dias Flores</i></b>	
Uma Abordagem Baseada em Leilões Combinatoriais para Resolver o Problema de Transporte de Derivados de Petróleo .....	183
<i>Kely Plucinski Vieira e Cesar A. Tacla</i>	
Simulação social baseada em dados de redes mediadas por blogs .....	187
<i>Aline Macohin, Cion Aypres do Nascimento e Gustavo A. Giménez Lugo</i>	
Desenvolvimento de um modelo de Simulação Social da cidade de Mandirituba – Brasil – Paraná .....	191
<i>Leonardo Andreatta De Alcantara, Fernando José Esmaniotto e Gustavo A. Giménez Lugo</i>	
Sobre Agentes e Controladores Preditivos .....	195
<i>Marcelo Lopes de Lima, Jomi Fred Hübner e Eduardo Camponogara</i>	
Arquitetura de agentes credíveis em entretenimento eletrônico com processamento emocional multi-nível .....	199
<i>Diego Prates De Andrade e Jomi Fred Hübner</i>	
<b>Índice de Autores .....</b>	<b>203</b>

## SimDeCS: Arquitetura de um Sistema Multiagente para Simulação de Tomadas de Decisão em Cuidados de Saúde

Vinicius Maroni<sup>1</sup>, João Batista Mossmann<sup>2</sup>, Paulo Ricardo M. Barros<sup>1</sup>, João Marcelo Fonseca<sup>1</sup>, Eduardo Zanatta<sup>1</sup>, Elton Erhardt<sup>1</sup>, Alessandra Dahmer<sup>1</sup>, Silvio Cazella<sup>1</sup>, Cecilia D. Flores<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA)  
Sarmiento Leite, 245 – 90050-170 – Porto Alegre – RS – Brazil

<sup>2</sup>Universidade Feevale (FEEVALE)  
RS 239, 2755 – 93352-000 – Novo Hamburgo – RS – Brazil

viniciusmaroni@gmail.com, mossmann@gmail.com, PBarros1979@gmail.com,  
joaomarcelfonseca@gmail.com, eduzanatta@gmail.com,  
eerhardt@terra.com.br, adahmer@ufcspa.edu.br, silvioc@ufcspa.edu.br,  
dflores@ufcspa.edu.br

**Abstract.** *This paper presents the architecture of the multiagent system SimDeCS (Intelligent Simulators for Decision Making in Health Care), describing the interaction between the agents that compose it and its practical application in the field of health education.*

**Resumo.** *Este artigo apresenta a arquitetura do sistema multiagente SimDeCS (Simuladores Inteligentes para a Tomada de Decisão em Cuidados de Saúde), descrevendo a interação entre os agentes que o compõem e sua aplicação prática na área de educação em saúde.*

### 1. Introdução

Este trabalho tem como objetivo central apresentar a arquitetura de um framework para construção de simuladores virtuais inteligentes para a área da saúde, utilizando uma arquitetura de sistemas multiagentes e redes probabilísticas. Este trabalho busca a construção de simuladores alinhados pedagogicamente com a metodologia de ensino baseada em problemas e que possam ser aplicados em ambientes de educação a distância.

### 2. O Funcionamento do SimDeCS

O SimDeCS é um ambiente de aprendizado multiagente na área da saúde. Sua utilização parte da formulação de casos clínicos pelo docente através de ambiente web, utilizando uma linguagem de domínio específico (DSL) de alto nível: a VR-MED.

A DSL VR-MED (MOSSMANN, 2010) foi concebida para que programadores, apoiados por uma notação própria e simples, especifiquem características do caso de estudo em questão. Essa é uma notação gráfica que procura representar as características presentes no domínio nos casos clínicos da área da saúde e prover suporte para a execução destes, tal como um jogo de computador (Serious Game).

Subjacente à linguagem, as situações clínicas genéricas são expressas na forma unitária de redes bayesianas múltiplas seccionadas (MSBN). Durante o processo de modelagem da situação de estudo por parte do docente, a linguagem VR-MED provê a

interface necessária para a escolha das redes bayesianas (BN) existentes no repositório, a vinculação dessas redes com os personagens do jogo e a vinculação entre diferentes BN. Motores de aleatoriedade, dispersos conforme a pertinência de sua presença nas diferentes redes permitem variações nos sucessivos percursos dos casos.

A geração final de relatórios de desempenho, baseados nos eixos de correção de condutas investigativas (e não somente acerto diagnóstico), tempo despendido e custo estimado, permitem ao docente avaliar nesses eixos o desempenho do aluno.

### 3. A Arquitetura do SimDeCS

A arquitetura do SimDeCS é composta por um sistema multiagente composto por três agentes: o *Agente de DOMÍNIO*, o *Agente APRENDIZ*, o *Agente MEDIADOR*.

A interação entre estes três agentes é a essência de funcionamento do SimDeCS (Figura 1). Os casos clínicos são modelados no Agente de DOMÍNIO por um especialista de domínio, representado pelo professor, criando um ambiente virtual representado na forma de um jogo computacional (Serious Game) para ser utilizado pelo aluno, através do Agente APRENDIZ. As ações do aluno sobre o domínio modelado são avaliadas pelo Agente MEDIADOR.

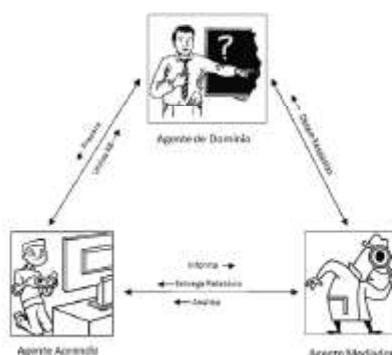


Figura 1 - Agentes do SimDeCS

### 4. O Agente de Domínio

Neste agente é realizada a modelagem do problema (caso clínico) por um especialista de domínio (médico, cirurgião dentista, etc.), através da VR-MED, utilizando um diagrama onde é possível especificar os detalhes do caso clínico em questão, assim como os personagens (pacientes, médicos, familiares, etc.) que participam do caso (Figura 2).

A partir deste diagrama originam-se Redes Bayesianas Múltiplas Seccionadas as quais constituem um repositório a ser utilizado pelos demais agentes. Este repositório poderá originar uma ou mais BN para um ou mais personagens do mesmo exercício. Uma rede modelada previamente servirá para balizar as consultas do Agente MEDIADOR durante a execução do exercício pelo aluno e, baseado nessa comparação, disparar as estratégias pedagógicas.

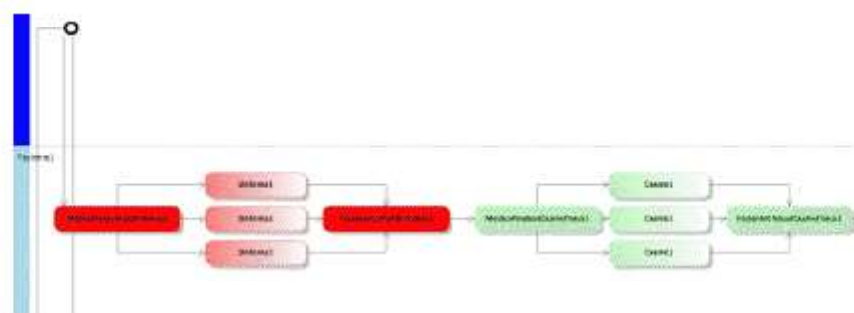


Figura 2 - Diagrama VR-MED utilizado pelo agente de domínio

### 5. O Agente Aprendiz

No SimDeCS o Agente APRENDIZ é representado através de um jogo computacional, do tipo Serious Game, em que, na perspectiva do aluno, há um caso representado no ambiente virtual sob o qual ele possui liberdade de ação dentro das possibilidades de atuação sobre os diferentes personagens modelados previamente pelo tutor (Figura 3).



Figura 3 - Serious Game do Agente Aprendiz

Os Serious Games consistem em jogos computacionais aplicados ao ensino. Sendo sua principal característica ensinar conteúdos específicos de disciplinas ou treinar habilidades tanto operacionais como comportamentais (MORAIS, 2010).

No jogo gerado pelo SimDeCS, a escolha das ações a serem tomadas (anamnese, exame físico, exames complementares, atuações de outras naturezas) pode ou não disparar diferentes estratégias pedagógicas na interface do Agente APRENDIZ originadas por parte do Agente MEDIADOR.

### 6. O Agente Mediador

Ao Agente MEDIADOR, cabe a negociação do processo de decisão por parte do jogador com o conhecimento representado na rede bayesiana pelo especialista através do Agente de DOMÍNIO. Utilizando as probabilidades condicionais da rede, o incremento de tempo e custo para cada processo decisório, cabe ao Agente MEDIADOR fazer a escolha do momento e da natureza da estratégia pedagógica a ser

disparada quando o aluno apresenta comportamento aleatório (tentativa e erro), acumula escolhas de dispêndio excessivo de tempo ou custo ou direciona-se para a insolvência do jogo. Disparos de reforço ou incentivo também podem ser decididos pelo Agente MEDIADOR, notadamente quando em momentos de tomada de decisão crítica (informados pelo Agente de DOMÍNIO) como parte da boa prática pedagógica.

### 7. Conclusão

É notório que a utilização da educação a distância e de ambientes virtuais de aprendizagem no ensino é uma realidade que se reforça a cada dia. Na área da saúde, lançar mão destes recursos torna-se indispensável nos dias atuais a fim de reduzir custos, capacitar profissionais em territórios vastos como o de nosso país e reduzir riscos de práticas educativas clínicas.

### 8. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro do Ministério da Saúde, da Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), através dos projetos UnA-SUS (Universidade Aberta do Sistema Único de Saúde) e Pró-ensino na Saúde.

### 9. Referências

- Fendel G., Spronk J., *Multiple Criteria Decision Methods and Applications*, Springer-Verlag, New York, 1983.
- Flores, C. D. *Negociação Pedagógica Aplicada a um Ambiente Multiagente de Aprendizagem Colaborativa*. 2005. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientadores: Vicari, R. M., Coelho, H.
- Mossmann, J. B., Maroni, V.; et. al. *VR-MED: Linguagem de Domínio Específico para Ambientes Virtuais Aplicados à Educação Médica*. In: XII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde 2010. Porto de Galinhas/PE. Anais. 2010. CD-ROM.
- Morais, Alana Marques, et. al. *Serious Games na Odontologia: Aplicações, Características e Possibilidades*. In: XII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde 2010. Porto de Galinhas/PE. Anais. 2010. CD-ROM.
- Scalese, R.J; Obeso, V.T.; S; Issenberg, B. *Simulation Technology for Skills Training and Competency Assessment in Medical Education*. *Journal of General Internal Medicine*. January; 23(Suppl 1) 2008, pp. 46-49.
- Seixas, L. J.; Flores, C. D.; Gluz J. C.; Vicari, R. M. *Acompanhamento do processo de construção do conhecimento por meio de um agente probabilístico* [online]. Via WWW. URL: [http://saudecoletiva.ufcspa.edu.br/dflores/Publicacoes/AMPLIA\\_Sbie2004.PDF](http://saudecoletiva.ufcspa.edu.br/dflores/Publicacoes/AMPLIA_Sbie2004.PDF). Arquivo capturado em 27 de outubro de 2010.
- Vicari R.M., Gluz J., Flores C.D., Seixas L., Coelho H. *AMPLIA: A Probabilistic Learning Environment*, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 18 (4), pp. 347-373, 2008.

**ANEXOS**

## Anexo I – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa



COMISSÃO CIENTÍFICA E COMISSÃO DE PESQUISA E ÉTICA EM SAÚDE

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP  
UFSCPA

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFSCPA, registrado na Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) sob o nº 075/05 em 23/07/04, analisou o Projeto:

**Projeto:** 11-887

**Versão do Projeto:**

**Versão do TCLE:**

**Pesquisadores:**

CECILIA DIAS FLORES

JOÃO MARCELO LOPES FONSECA

**Título:** VALIDAÇÃO DE SIMULADOR BASEADO EM REDES BAYESIANAS COMO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO APRENDIZADO DE DIRETRIZES CLÍNICAS EM ENSINO À DISTANCIA PARA MEDICINA DE FAMÍLIA E COMUNIDADE

Esse projeto foi aprovado em seus aspectos éticos e metodológicos conforme as Resoluções 196/09 e demais Resoluções complementares. Toda e qualquer alteração do projeto, assim como eventos adversos graves, deverão ser comunicados a este CEP. Os TCLE, quando necessários, somente poderão ser utilizados após prévia e explícita aprovação (carimbo) de sua redação por este CEP".

Porto Alegre, 20 de março de 2012.

José Geraldo Vernet Taborda  
Coordenador do CEP/UFSCPA

## Anexo II – Instruções para publicação

### Advances in Health Sciences Education

Publishing Editor

Springer

P.O. Box 17

3300 AA Dordrecht

The Netherlands

Phone: (0)78 6576208

Fax: (0)78 6576254

Web site: <http://www.springer.com>

<http://www.springer.com/journal/10459>

## Manuscript submission

### Online Manuscript Submission

Springer now offers authors, editors and reviewers of *Advances in Health Sciences Education* the use of our fully web-enabled online manuscript submission and review system. To keep the review time as short as possible, we request authors to submit manuscripts online to the journal's editorial office. Our online manuscript submission and review system offers authors the option to track the progress of the review process of manuscripts in real time. Manuscripts should be submitted to:

<http://www.editorialmanager.com/ahse/>

The online manuscript submission and review system for *Advances in Health Sciences Education* offers easy and straightforward log-in and submission procedures. This system supports a wide range of submission file formats: for manuscripts - Word, WordPerfect, RTF, TXT and LaTeX; for figures - TIFF, GIF, JPEG, EPS, PPT, and Postscript. PDF is not an acceptable file format.

**NOTE:** In case you encounter any difficulties while submitting your manuscript online, please get in touch with the responsible Editorial Assistant by clicking on "CONTACT US" from the tool bar.

### Electronic figures

Electronic versions of your figures must be supplied. For vector graphics, EPS is the preferred format. For bitmapped graphics, TIFF is the preferred format. The following resolutions are optimal: line figures - 600 - 1200 dpi; photographs - 300 dpi; screen dumps - leave as is. Colour figures can be submitted in the RGB colour system. Font-related problems can be avoided by using standard fonts such as Times Roman, Courier and Helvetica.

### Colour figures

Springer offers two options for reproducing colour illustrations in your article. Please let us know what you prefer: 1) Free online colour. The colour figure will only appear in colour on [www.springer.com](http://www.springer.com) and not in the printed version of the journal. 2) Online and printed colour. The colour figures will appear in colour on our website and in the printed version of the journal. The charges are EUR 950/USD 1150 per article.

### Language

We appreciate any efforts that you make to ensure that the language is corrected before submission. This will greatly improve the legibility of your paper if English is not your first language.

### Manuscript Presentation

The journal's language is English. British English or American English spelling and terminology may be used, but either one should be followed consistently throughout the article. Leave adequate margins on all sides to allow reviewers' remarks. Please double-space all material, including notes and references. Quotations of more than 40 words should be set off clearly, either by indenting the left-hand margin or by using a smaller typeface. Use double quotation marks for direct quotations and single quotation marks for quotations within quotations and for words or phrases used in a special sense.

Number the pages consecutively with the first page containing:

- running head (shortened title)
- title
- author(s)
- affiliation(s)
- full address for correspondence, including telephone and fax number and E-mail address

### Abstract

Please provide a short abstract of 100 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

### Key Words

Please provide 5 to 10 key words or short phrases in alphabetical order.

### Section Headings

First-, second-, third-, and fourth-order headings should be clearly distinguishable but not numbered.

## Appendices

Supplementary material should be collected in an Appendix and placed before the Notes and Reference sections.

## Notes

Please use endnotes rather than footnotes. Notes should be indicated by consecutive superscript numbers in the text and listed at the end of the article before the References. The references should also be collected in a list at the end of the article. A source reference note should be indicated by means of an asterisk after the title. This note should be placed at the bottom of the first page.

## Cross-Referencing

In the text, a reference identified by means of an author's name should be followed by the date of the reference in parentheses and page number(s) where appropriate. When there are more than two authors, only the first author's name should be mentioned, followed by 'et al.'. In the event that an author cited has had two or more works published during the same year, the reference, both in the text and in the reference list, should be identified by a lower case letter like 'a' and 'b' after the date to distinguish the works.

*Examples:*

Winograd (1986, p. 204)  
 (Winograd, 1986a, b)  
 (Winograd, 1986; Flores et al., 1988)  
 (Bullen and Bennett, 1990)

## Acknowledgements

Acknowledgements of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the References.

## Figures

All photographs, graphs and diagrams should be referred to as a 'Figure' and they should be numbered consecutively (1, 2, etc.). Multi-part figures ought to be labelled with lower case letters (a, b, etc.). Please insert keys and scale bars directly in the figures. Relatively small text and great variation in text sizes within figures should be avoided as figures are often reduced in size. Figures may be sized to fit approximately within the column(s) of the journal. Provide a detailed legend (without abbreviations) to each figure, refer to the figure in the text and note its approximate location in the margin. Please place the legends in the manuscript after the references.

## Tables

Each table should be numbered consecutively (1, 2, etc.). In tables, footnotes are preferable to long explanatory material in either the heading or body of the table. Such explanatory footnotes, identified by superscript letters, should be placed immediately below the table. Please provide a caption (without abbreviations) to each table, refer to the table in the text and note its approximate location in the margin. Finally, please place the tables after the figure legends in the manuscript.

## Page Charges and Colour Figures

No page charges are levied on authors or their institutions except for colour pages. Please see the section labelled 'Colour Figures' in Manuscript Submission.

## References

1. Journal article:

Barlow, D. H. & Lehman, C. L. (1996). Advances in the psychosocial treatment of anxiety disorders. *Archives of General Psychiatry*, 53, 727-735

2. Book chapter:

Cutrona, C. E. & Russell, D. (1990). Type of social support and specific stress: Towards a theory of optimum matching. (In I.G. Sarason, B. R. Sarason, & G. Pierce (Eds.), *Social support: An interactional view* (pp. 341-366). New York: Wiley.)

3. Book, authored:

Capland, G. (1964). *Principles of preventive psychiatry*. (New York: Basic Books)

4. Book, edited:

Felner, R. D., Jason, L. A., Moritsugu, J. N. & Farber, S. S. (Eds.) (1983). *Preventive psychology: Theory, research and practice*. (New York: Pergamon Press)

5. Paper presented at a conference:

Phelan, J. C., Link, B. G., Stueve, A. & Pescosolido, B. A. (1996, November). *Have public conceptions of mental health changed in the past half century? Does it matter?* (Paper presented at the 124<sup>th</sup> Annual Meeting of the American Public Health Association, New York)

6. Patent:

Name and date of patent are optional

Norman, L. O. (1998) Lightning rods. US Patent 4,379,752, 9 Sept 1998

7. Dissertation:

Trent, J.W. (1975) Experimental acute renal failure. Dissertation, University of California

8. Published and In press articles with or without DOI:

8.1 In press

Wilson, M., et al. (2006). References. In: Wilson, Mm (ed) *Style manual*. Springer. (Berlin Heidelberg New York: Springer) (in press)

8.2. Article by DOI (with page numbers)

Slifka, M. K. & Whitton, J. L. (2000). Clinical implications of dysregulated cytokine production. *Journal of*

*Molecular Medicine* 78,74–80. DOI 10.1007/s001090000086

8.3. Article by DOI (before issue publication with page numbers)

Slifka, M. K. & Whitton, J. L. (2000). Clinical implications of dysregulated cytokine production. *Journal of Molecular Medicine* (in press). DOI 10.1007/s001090000086

8.4. Article in electronic journal by DOI (no paginated version)

Slifka, M. K. & Whitton, J. L. (2000). Clinical implications of dysregulated cytokine production. *Journal of Molecular Medicine*. DOI 10.1007/s001090000086

9. Internet publication/Online document

9.1. Internet articles based on a print source

VandenBos, G., Knapp, S., & Doe, J. (2001). Role of reference elements in the selection of resources by psychology undergraduates [Electronic version]. *Journal of Bibliographic Research*, 5, 117-123.

VandenBos, G., Knapp, S., & Doe, J. (2001). Role of reference elements in the selection of resources by psychology undergraduates. *Journal of Bibliographic Research*, 5, 117-123. Retrieved October 13, 2001, from <http://jbr.org/articles.html>

9.2. Article in an Internet-only journal

Fredrickson, B. L. (2000, March 7). Cultivating positive emotions to optimize health and well-being.

*Prevention & Treatment*, 3, Article 0001a. Retrieved November 20, 2000, from

<http://journals.apa.org/prevention/volume3/pre0030001a.html>

9.3. Article in an Internet-only newsletter

Glueckauf, R. L., Whitton, J., Baxter, J., Kain, J., Vogelgesang, S., Hudson, M., et al. (1998, July).

Videocounseling for families of rural teens with epilepsy -- Project update. *Telehealth News*, 2(2).

Retrieved from <http://www.telehealth.net/subscribe/newsletter4a.html1>

9.4. Stand-alone document, no author identified, no date

GVU's 8th WWW user survey. (n.d.). Retrieved August 8, 2000, from

<http://www.cc.gatech.edu/gvu/usersurveys/survey1997-10/>.

9.5. Document available on university program or department Web site

Chou, L., McClintock, R., Moretti, F., Nix, D. H. (1993). *Technology and education: New wine in new bottles: Choosing pasts and imagining educational futures*. Retrieved August 24, 2000, from Columbia University, Institute for Learning Technologies Web site:

<http://www.ilt.columbia.edu/publications/papers/newwine1.html> Other Electronic Sources

9.6. Electronic copy of a journal article, three to five authors, retrieved from database

Borman, W. C., Hanson, M. A., Oppler, S. H., Pulakos, E. D., & White, L. A. (1993). Role of early supervisory experience in supervisor performance. *Journal of Applied Psychology*, 78, 443-449.

Retrieved October 23, 2000, from PsycARTICLES database

## Proofs

Proofs will be sent to the corresponding author by e-mail. Your response, with or without corrections, should be sent within 72 hours.

## Offprints

Twenty-five offprints of each article will be provided free of charge. Additional offprints (both hard copies and PDF files) can be ordered by means of an offprint order form supplied with the proofs.

## Page Charges and Colour Figures

No page charges are levied on authors or their institutions. Colour figures are published at the author's expense only.

## Copyright

Authors will be asked, upon acceptance of an article, to transfer copyright of the article to the Publisher. This will ensure the widest possible dissemination of information under copyright laws.

## Permissions

It is the responsibility of the author to obtain written permission for a quotation from unpublished material, or for all quotations in excess of 250 words in one extract or 500 words in total from any work still in copyright, and for the reprinting of figures, tables or poems from unpublished or copyrighted material.

## Springer Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer now provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink. To publish via Springer Open Choice, upon acceptance please visit <http://www.springer.com/openchoice> to complete the relevant order form and provide the required payment information. Payment must be received in full before publication or articles will publish as regular subscription-model articles. We regret that Springer Open Choice cannot be ordered for published articles.

## Additional Information

Additional information can be obtained from:

*Advances in Health Sciences Education*

Publishing Editor

Springer

P.O. Box 17

3300 AA Dordrecht

The Netherlands

Phone: (0)78 6576208

Fax: (0)78 6576254

Web site: <http://www.springer.com>

<http://www.springer.com/journal/10459>