



SimDeCS: Um Simulador Baseado em Técnicas de IA

Marta R. Bez^a; Cecília D. Flores^b; João B. Mossmann^a; Marsal Branco^a;
Thiago Mendes^a

^aUniversidade Feevale – FEEVALE – Novo Hamburgo/RS – Brasil

^bUniversidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre –
UFCSPA – Porto Alegre/RS - Brasil

Resumo:

Este artigo apresenta um simulador multi-agente para ensino na área da saúde: SimDeCS (Simulador Inteligente para a Tomada de Decisão em Cuidados de Saúde). A principal contribuição deste trabalho é a arquitetura do sistema e modelo de aprendizagem apoiados por técnicas de inteligência artificial. O SimDeCS foi concebido como um sistema multi-agente, onde três agentes inteligentes são utilizados: Agente de Domínio, Agente Aprendiz e Agente Mediador. O agente domínio implementa o modelo de conhecimento pelo raciocínio probabilístico (redes bayesianas), com o conhecimento codificado por especialistas humanos. As estratégias pedagógicas emergem de um diagrama de influência, com base na conduta do aluno durante a simulação.

Palavras-chave: SimDeCS. Simulador. Ensino em medicina. Redes Bayesianas. Diagrama de Influência. Sistema multi-agente.

Introdução

O que pode ser percebido atualmente é um dinamismo e mudanças de conceitos dos ambientes universitários cada vez mais em evidência. Novas formas de ensino e aprendizagem surgem de maneira rápida através do uso de tecnologias educacionais. Percebe-se, também, que 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, e para os alunos é um desafio articular todos os conhecimentos e aplicar isso a uma prática [2] [3]. Exemplos dessas tecnologias são os diversos simuladores existentes atualmente no ensino de medicina [4] [5] [6].

Esse artigo apresenta o SimDeCS (Simulador Inteligente para a Tomada de Decisão em Cuidados de Saúde), um simulador multi-agente que tem por objetivo apoiar a aprendizagem na área da medicina.. O projeto SimDeCS se constitui em uma importante oportunidade para estabelecer uma nova forma de aprendizado, inserindo ferramentas informatizadas na forma de simuladores de casos clínicos complexos. A formulação do diagnóstico médico pode ser visto como composto pelas seguintes etapas: entrevista médica (anamnese), história de evolução da doença, hipóteses diagnósticas, diagnóstico diferencial e seleção do diagnóstico presuntivo. De posse do diagnóstico, o médico elaborará a conduta, que pode ser a solicitação de novos exames, a prescrição de um determinado medicamento ou o encaminhamento para um especialista.

Na primeira seção desse artigo é apresentada a investigação sobre simuladores utilizada como base para projetar o SimDeCS. Os formalismos utilizados são apresentados na seção dois. A seção três apresenta o SimDeCS, destacando o diagrama de influência, que permite inferir a melhor estratégia pedagógica a ser disparada ao aluno durante a simulação.

O Uso de Simuladores para o Ensino em Saúde

Simuladores de ensino médico [8] podem ser compreendidos de forma ampla como ferramentas que permitem que os educadores possam manter o controle



total em cenários clínicos pré-selecionados, descartando, na fase inicial de aprendizagem, todos os riscos potenciais ao paciente.

Reexistem diversas vantagens no uso de simuladores para o ensino médico, como indicadas em [9]:

- 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.

Outros benefícios são identificados por Bradley [10], 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.

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.

Para conhecer mais sobre os simuladores na área da saúde, foi realizada uma busca no MedLine sobre o seu uso registrados no período de 2007 a 2012. Quatro palavras-chave foram usadas para busca: *simulation, medicine, learning, computer*. Foram retornados 217 registros, distribuídos conforme demonstrado na Tabela 1. Foram descartados 87 registros após leitura dos resumos, pois esses se referiam a simulação computacional e aprendizagem de máquina. Restaram 132 registros a ser analisados [12].

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 |
| 2012* | 2 | 6 | 1 | 2 | 2 | - | - | 13 |
| TOTAL | 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.

Pode-se perceber um aumento significativo no número de publicações que envolve o desenvolvimento e uso de simuladores para o ensino na área da saúde, principalmente na área de realidade virtual. Os artigos que envolvem a teoria e



pacientes virtuais foram analisados, buscando subsídios para embasar o desenvolvimento do SimDeCS. Como este simulador utiliza-se de técnicas de Inteligência Artificial, torna-se necessário antes apresentar alguns formalismos utilizados nesse trabalho.

Alguns Formalismos - ia

O SimDeCS utiliza-se de três formalismos importantes da área da Inteligência Artificial que lhe confere robusta estrutura e evidencia a pesquisa científica que embasa o simulador: redes bayesianas, diagrama de influência e sistemas multi-agentes.

1 RB - Redes Bayesianas

As redes bayesianas têm ganhado importância no meio científico, em especial no ramo da medicina, por sua utilidade na modelagem e tratamento da incerteza [13]. Considerando sua frequente utilização e, principalmente, sua íntima ligação com a área de diagnóstico médico, essas parecem adequadas para uso em um simulador de casos clínicos.

Pearl [14] argumenta que o raciocínio humano adota uma estratégia diferente, que desvia seu foco da faceta quantitativa da representação das probabilidades dando mais atenção às relações de dependência entre as variáveis. Isso 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.



Redes bayesianas (RB) podem ser consideradas modelos de representação de conhecimento incerto, com base no Teorema de Bayes, compreendendo 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 [15]. Na Figura 1 é apresentado um exemplo de rede bayesiana para cefaléia.

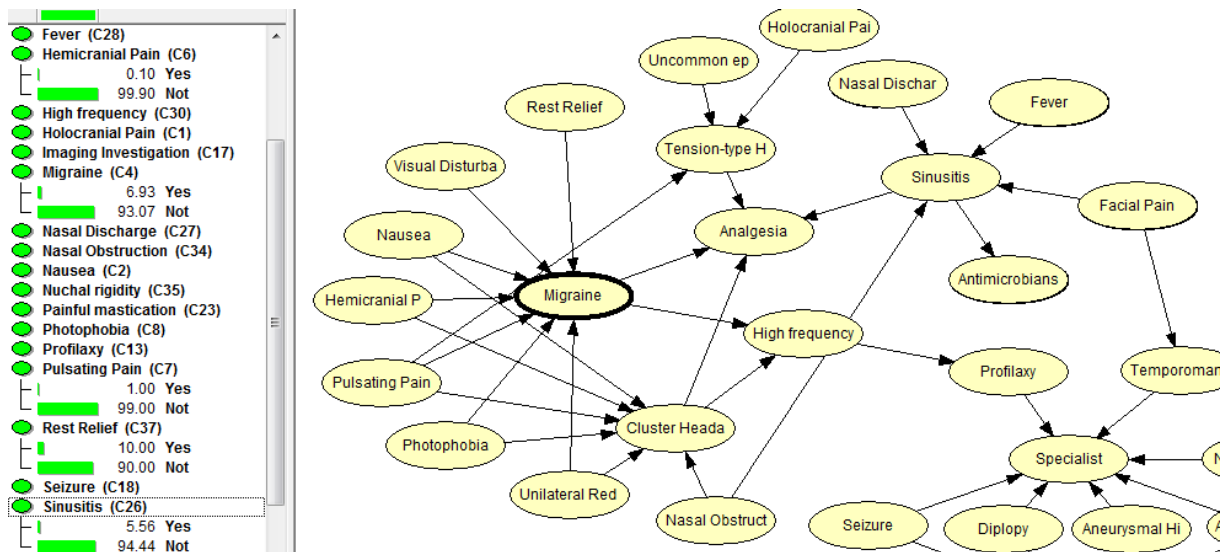


Figura 1 - Exemplo de Rede Bayesiana de Cefaléia [16]

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 gráfo acíclico onde os nodos são variáveis randomicas e os arcos representam as relações de dependencia 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 [14].

2 DI - Diagrama de Influência

Segundo Perl [14] um DI 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 contendo 3 tipos de nodos: decisão (decisões ou alternativas), incerteza (resultados incertos) e consequência (consequências das decisões).

Segundo Gluz [17] um DI é um grafo acíclico orientado (DAG) $G = (N, E)$, onde $N = P \cup D \cup \Psi$ 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. Ψ , 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.



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 DI 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).

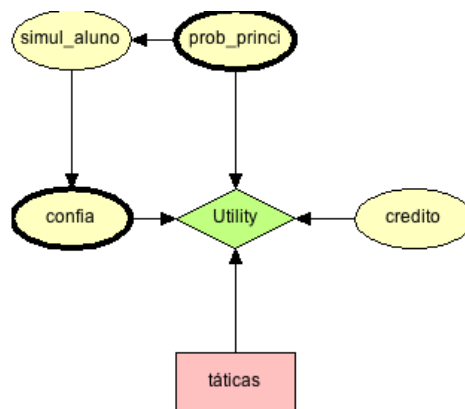


Figura 2 - Exemplo de Diagrama de Influência [13]

3 SMA - 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 [13].

Embora o início da pesquisa em Sistemas Multiagente tenha ocorrido nos anos 80, só em meados dos anos 90 ganhou uma notoriedade digna de destaque [17], recebendo um acentuado crescimento nos últimos anos.

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 [18]. 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 [19] [20].

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.

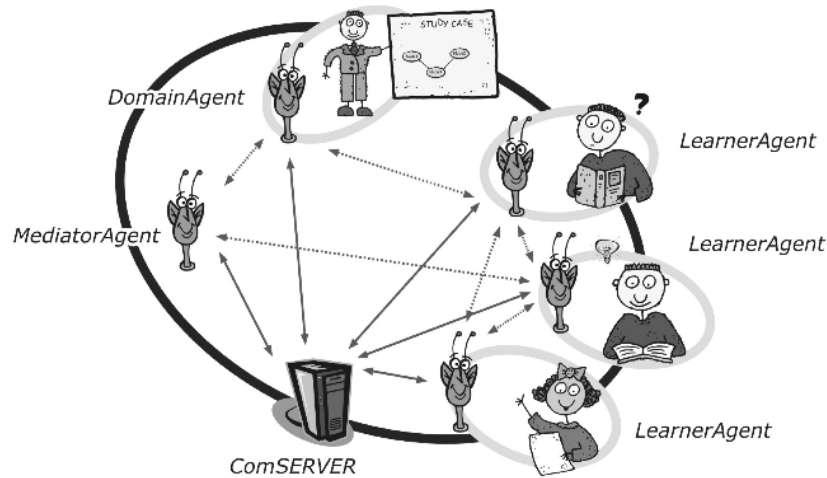


Figura3 - Exemplo de Ambiente Multiagente [18]

Os SMA incluem diversos agentes que interagem ou trabalham em conjunto, podendo compreender agentes homogêneos ou heterogêneos. Cada agente é um elemento capaz de resolução autônoma de problemas e opera assincronamente com respeito aos demais agentes. É necessária a existência de uma infraestrutura que permita a comunicação e/ou interação entre os agentes que compõem o SMA para que um agente possa operar como parte do sistema.

Simulador SIMDECS

O ambiente SimDeCS (Simulador Inteligente para a Tomada de Decisão em Cuidados de Saúde) permite que os alunos de medicina façam a análise de casos clínicos, apoiando seu processo de aprendizagem, facilitando o desenvolvimento de suas habilidades técnicas e competências sobre diagnósticos. A estrutura interna do SimDeCS é apresentada na Figura 4.

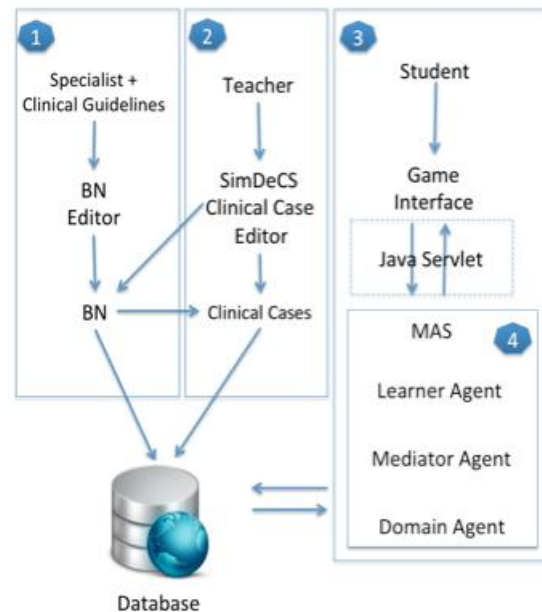


Figura 4 - Estrutura do Simulador SimDeCS [16]

De acordo com a Figura 4, o conhecimento é estruturado pelo especialista através da construção de Redes Bayesianas (etapa 1). A fonte básica para a criação das RB são as Diretrizes Clínicas de Família e Comunidade. A escolha pelo uso de RB se justifica em função de revisões na literatura médica, que indicam que o processo de raciocínio diagnóstico é incerto, muitas vezes com informações imprecisas [21], [22].

As RB ficam disponíveis para que os professores possam criar os casos clínicos de estudo (etapa 2), a ser disponibilizados aos alunos. Ao incluir livremente sintomas e sinais disponíveis na rede, são propagadas as probabilidades, emergindo um ou mais diagnósticos e suas respectivas condutas. Desta forma é modelado 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 BD também são armazenadas outras informações sobre o caso clínico e os dados do



prontuário do paciente. Os nodos da rede que representam a investigação são armazenados no formato de perguntas, disponibilizadas para que o aluno possa investigar o caso clínico. Quando o aluno faz a pergunta, o simulador consulta a rede modelada e obtém uma resposta que expressa coloquialmente a probabilidade do nodo naquele momento.

O aluno é acompanhado por um agente, denominado Aprendiz, que informa ao agente Mediador as decisões tomadas pelo aluno (etapa 3). As informações recebidas do ambiente são recebidas pelo agente Mediador que propaga em um Diagrama de Influência (etapa 4), de onde emerge uma estratégia pedagógica a ser disparada ao aluno. A combinação da estratégia pedagógica com os possíveis erros cometidos pelo aluno durante a simulação permite selecionar a mensagem a ser apresentada.

No comportamento do aluno durante a simulação dois aspectos importantes são analisados: a confiança declarada pelo aluno e a credibilidade do sistema na resolução do caso. A confiabilidade do aluno é declarada 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 estar entre as opções de baixa, media ou alta. Os valores iniciais para esses nodos são baseados nos estudos de [23] e [24].

A credibilidade é definida pelo acompanhamento que o agente aprendiz faz sobre o processo de simulação do aluno, baseado em uma das três categorias [12]:

- 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 variáveis coletadas durante a simulação: 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 sequencia.

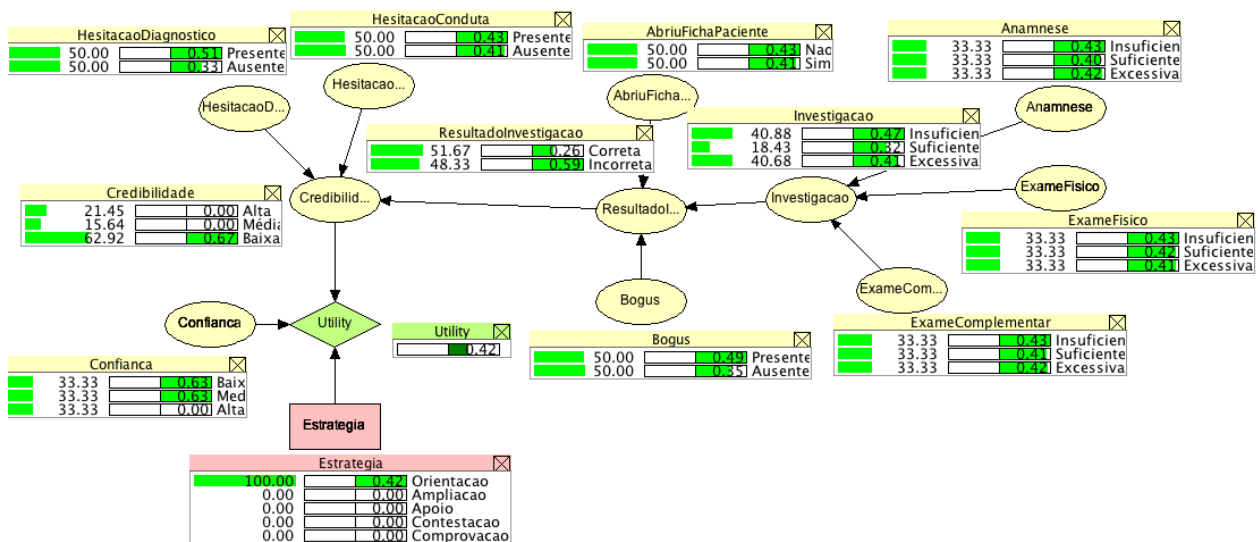


Figura 5 - Diagrama de Influência utilizado no SimDeCS para seleção da estratégia pedagógica [12]



Os valores dos estados dos nodos do DI são determinados em tempo de execução com base em informações registradas no LOG gerado durante a simulação pelo Agente Aprendiz, que acompanha todos os passos do aluno.

O nodo Bogus (perguntas que não influenciam no caso) tem seu valor obtido pelo percentual de perguntas que não influenciam no caso 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 [16]:

Tabela 1 - Estados possíveis para o nodo *Bogus*

| Percentual | Presente | Ausente |
|--------------|----------|---------|
| [00% - 10%] | 0 | 1 |
| (10% - 30%] | 0,4 | 0,6 |
| (30% - 100%] | 1 | 0 |

O nodo AbriuFichaP é obtido quando o 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”.

Tabela 2 - Estados possíveis para o nodo *AbriuFichaPaciente*

| Confirmação | Valor |
|-------------|-------|
| Sim | 1 |
| Não | 0 |



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

Tabela 3 - Estados possíveis para o nodo Anamnese

| Percentual | Insuficiente | Suficiente | Excessiva |
|--------------|--------------|------------|-----------|
| [00% - 25%] | 1 | 0 | 0 |
| (25% - 75%] | 0 | 1 | 0 |
| (75% - 100%] | 0 | 0 | 1 |

ExamesFisicos 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:

Tabela 4 - Estados possíveis para os nodos ExamesFisicos e ExamesComplementares

| Percentual | Insuficiente | Suficiente | Excessiva |
|--------------|--------------|------------|-----------|
| [00% - 25%] | 1 | 0 | 0 |
| (25% - 75%] | 0 | 1 | 0 |
| (75% - 100%] | 0 | 0 | 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:



Tabela 5 - Estados possíveis para os nodos HesitacaoDiagnostico

| Nro. de modificações | Presente | Ausente |
|---------------------------|----------|---------|
| Nenhuma modificação | 0 | 1 |
| Uma modificação | 0,6 | 0,4 |
| Duas ou mais modificações | 1 | 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:

Tabela 6 - Estados possíveis para os nodos HesitaConduta

| Nro. de modificações | Presente | Ausente |
|---------------------------|----------|---------|
| Nenhuma modificação | 0 | 1 |
| Uma modificação | 0,6 | 0,4 |
| Duas ou mais modificações | 1 | 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 é gerada a estratégia pedagógica a ser disparada ao aluno (tabela 7).



Tabela 7 - Estratégias disponíveis no Diagrama de Influência [16]

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

As estratégias pedagógicas disponíveis no SimDeCS são: 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 [16]:

(continua)

| Erros de Investigação | |
|-------------------------------|---|
| Não abriu a ficha do paciente | O aluno seguiu diretamente para a fase de investigação, sem antes ter lido a ficha do paciente. |
| Adequada | O aluno realizou adequadamente a fase de investigação na execução da simulação. |
| Excessiva | Foram realizadas mais de 90% das perguntas disponíveis no banco de perguntas, demonstrando que o aluno não está realizando um bom raciocínio clínico. |
| Faltante | Foram realizadas menos de 10% das perguntas disponíveis no banco de perguntas, demonstrando que o aluno não completou um mínimo necessário para identificar o diagnóstico correto. |
| Bogus | Foram realizadas mais de 25% de perguntas que não se relacionam ao caso, demonstrando total desconhecimento por parte do aluno. |
| Dispendiosa | Cada nodo da investigação tem associado um custo. Significa que o aluno superou o custo máximo permitido para a simulação executada. Exemplo: custo de uma Ressonância Magnética desnecessária. |
| Demorada | Cada nodo da investigação tem associado um tempo. Significa que o aluno superou o tempo máximo permitido para a simulação executada. Exemplo: solicitação de um exame demorado quando poderia ter determinado um diagnóstico com base em questionamentos diretos ao paciente. |



(conclusão)

| Erros de Diagnóstico | |
|-----------------------------|---|
| Correto | A opção escolhida para o diagnóstico está correta e condizente com as perguntas realizadas pelo aluno. |
| Incorreto - plausível | A opção escolhida para diagnóstico está incorreta, porém plausível com as perguntas realizadas na fase de investigação. Pode ser o caso da segunda opção de diagnóstico, que emergiu da rede bayesiana. |
| Incorreto - implausível | A opção escolhida como diagnóstico está incorreta e não condiz com as perguntas realizadas pelo aluno. Aparentemente o aluno não está realizando um raciocínio diagnóstico condizente com sua investigação. |
| Erros de Conduta | |
| Correta | A conduta selecionada pelo aluno está correta. |
| Incorreta | A conduta selecionada pelo aluno está incorreta. |
| Coerente com o Diagnóstico | A conduta está correta e coerente com o Diagnóstico selecionado. |
| Faltante | Apesar de o aluno ter selecionado alguma conduta correta, falta ainda algum procedimento. Por exemplo: o aluno selecionou encaminhá-lo a um especialista, mas esqueceu de lhe receitar algum medicamento. |
| Dispendiosa | Apesar de o aluno ter selecionado alguma conduta correta, selecionou algum procedimento indevidamente, que aumentará o custo do tratamento de forma desnecessária. |
| Demorada | Apesar de o aluno ter selecionado alguma conduta correta, selecionou algum procedimento indevidamente, que aumentará o tempo do tratamento de forma desnecessária. |

Quadro 1 - Erros possíveis de ocorrer durante a simulação

Cada estratégia é explicada na sequência, bem como apresentado um exemplo de mensagem de acordo com o erro observado na simulação [16].

Orientação: quando a credibilidade do sistema no aluno for baixa e a confiança declarada pelo mesmo for média ou baixa. Visa fazer com que o aluno reavalie 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 podes fazer ao paciente que reforcem o diagnóstico e possam lhe trazer mais segurança quanto a solução desse caso.”



Ampliação: quando a credibilidade do sistema no aluno for alta e a confiança declarada pelo mesmo for alta também. 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: quando a credibilidade do sistema no aluno for alta ou média e a confiança declarada pelo mesmo for baixa. 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: quando a credibilidade do sistema no aluno for baixa ou média e a confiança declarada pelo mesmo for alta ou média. 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: quando a credibilidade do sistema no aluno for alta e a confiança declarada pelo mesmo for média. 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

Os simuladores que têm sido desenvolvidos para as mais diversas áreas do ensino e se destacou no campo do ensino médico, em especial na área de representação do conhecimento.

O domínio médico é caracterizado por um forte componente de incerteza, em especial no processo de diagnóstico, onde a informação é, muitas vezes, incompleta ou imprecisa, sendo um formalismo adequado para o caso são as Redes Bayesianas (RBs).

O uso de um simulador baseado em redes bayesianas permite emular o processo de elaboração diagnóstica na Medicina. Quando valorado diferenciadamente a correção das decisões do aluno (credibilidade) comparativamente a confiança declarada nas suas escolhas, permite diferenciar as estratégias pedagógicas sugeridas pelo simulador, atendendo assim o requisito pedagógico de particularizar as necessidades de cada aluno. Um fator diferencial do SimDeCS é o fato do mesmo sistema poder ser usado em diferentes domínios de conhecimento, alterando-se somente a rede bayesiana utilizada. A escolha de uma arquitetura multiagente possibilita 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 soluções inteligentes, baseadas no conhecimento do especialista de domínio representado na RB.

No simulador apresentado foram inseridas variáveis que permitem acompanhar o andamento do aluno no decorrer de toda a simulação em todos os estágios, ou seja, 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.

No SimDeCS, as principais dificuldades dos alunos na resolução de casos clínicos são observadas para que uma estratégia pedagógica possa emergir do DI, sendo o aluno acompanhado durante todo o processo de simulação.

Existe no SimDeCS, atualmente, três redes construídas (cefaléia, parasitose, dispepsia) o que permite modelar em torno de oitenta casos clínicos pelos professores. Para a rede cefaleia, dez casos clínicos foram preparados para uso com alunos.

O SimDeCS foi apresentado a professores dos cursos de medicina em dois momentos. Um deles foi uma oficina oferecida no COBEM (Congresso Brasileiro de Ensino de Medicina), em outubro de 2012 (com sete participantes); o outro foi uma oficina para professores da UFCSPA, em dezembro de 2012 (com sete participantes), totalizando 14 participantes. A aceitação foi considerada excelente entre os profissionais e os dados de um questionário avaliativo estão sendo tabulados.

Como melhorias futuras no simulador pretende-se implementar o fator temporal. Isso permitirá que uma ou diversas decisões corretas ou aceitáveis em



determinado momento possam ser avaliadas como incorretas em outros momentos, 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. Estudos estão sendo realizados sobre *fuzzy influence diagrams* (FID) [25] para a seleção das estratégias pedagógicas a ser disparadas pelo agente mediador.

Referências

1. HIGGS, J.; JONES, M. A.; LOFTUS, S.; CHRISTENSEN, N. **Clinical reasoning in the health professions**. 3. ed. Elsevier, 2008.
2. FORTE, M.; SOUZA, W. L.; PRADO, A. F. Portfólio Eletrônico Ubíquo no Aprendizado de Medicina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA EM SAÚDE (CBIS 2010), 12., 2010, Porto de Galinhas. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Informática em Saúde, 2010. p. 1-6.
2. BROWN, M. P.; AUSTON, K. **Appl. Phys. Letters**, 85, 2503-2504, 2000.
3. BROOKFIELD, S. D. **The power of critical theory: liberating adult learning and teaching**. San Francisco: Jossey-Bass, 2005.
4. SMITH, S. J.; ROEHRS, C. J. High-fidelity simulation: Factor correlated with nursing student satisfaction and self-confidence. **Nursing Education Perspectives**, 30(2), 77-78, 2009.
5. 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.
6. 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.
7. CHAKRAVARTHY, B. Medical Simulation in EM Training and Beyond. **Newslett Soc Acad Resid**, 18(1):18-19, 2006.
8. ZIV, A.; BEN-DAVID, S.; ZIV, M. Simulation Based Medical Education: an opportunity to learn from errors. **Medical Teacher**, 27(3):193–199, 2005.



9. KINCAID, J. P.; HAMILTON, R. et al. Simulation in Education and Training . In: **Modeling and Simulation: Theory and Applications**. Boston: Kluwer, 2004. (Chapter 19).
10. BRADLEY, P. The history of simulation in medical education and possible future directions. **Medical Education**, 40: 254–262, 2006.
11. STANFORD, P. G. Simulation in Nursing Education: a review of the research. **The Qualitative Report**, Florida, Nova Southeastern University, v. 15, n. 14. Disponível em: <www.nova.edu/ssss/QR/QR15-4/stanford.pdf>. Acesso em: jan. 2012.
12. BEZ, M. R. **Construção de um Modelo para o Uso de Simuladores na Implementação de Métodos Ativos de Aprendizagem das Escolas de Medicina**. Porto Alegre, 2013. 314 p. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
13. 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.
14. PEARL, J. **Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems**. 2. ed. Elsevier, 1988. p. 552. (v. 1).
15. NIEDERMAYER, D. An Introduction to Bayesian Networks and Their Contemporary Applications. In: **INNOVATIONS IN BAYESIAN NETWORKS**. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 117-130, 2008.
16. 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 - IBERO-AMERICAN CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 13.**, 2012, Cartagena. **Anais...** Berlin: Springer Verlag, 2012. v. 1.
17. 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**. **Anais...** Berlin: Springer-Verlag, Heidelberg, 2006, v. 4140/2006, p.138-148.



18. 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>>.
19. 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.
20. EPSTEIN, R. Assessment in medical education. **New England Journal of Medicine**, 356(4). 2007. p. 387-396.
21. SIMEL, D. L. Approach To The Patient: History And Physical Examination. In: **Cecil Medicine**. 23rd Edition. Saunders: Elsevier, 2007. (Chapter 6).
22. SCHWARTZ, A.; ELSTEIN, A. S. Clinical reasoning in medicine. In: **Clinical Reasoning in the Health Professions**. 3. ed. Elsevier, 2008.
23. FLORES, C. D.; SEIXAS, L.; GLUZ, J. C.; PATRÍCIO, D.; GIACOMEL, F.; GONÇALVES, L.; VICARI, R.M. AMPLIA Learning Environment Architecture. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN EDUCATION (ICCE2005), 13., Cingapura. Towards Sustainable and Scalable Educational Innovations Informed by the Learning Sciences. Tokyo: IOS Press, p. 662-665. 10. 2005.
24. FLORES, C. D.; GLUZ, J. C.; SEIXAS, L.; VICCARI, R. M. Amplia Learning Environment: A Proposal for Pedagogical Negotiation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENTERPRISE INFORMATION SYSTEMS, 6., Porto, Portugal. **Proceedings...** INSTICC, Vol. IV, pp. 279-286. 2004.
25. AN, N.; LIU, J.; BAI, Y. Fuzzy Influence Diagrams: An Approach to Customer Satisfaction Measurement. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FUZZY SYSTEMS AND KNOWLEDGE DISCOVERY, 4. **Proceedings...** IEEE, 2007. v. 04, pp. 493-497.