

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE  
PORTO ALEGRE – UFCSPA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

**Paulo Ricardo Muniz Barros**

**Avaliando a Qualidade de Produto  
de Software em Saúde: o caso  
SimDeCS.**

**UFCSPA**

Universidade Federal de Ciências da Saúde  
de Porto Alegre

**Porto Alegre**

**2013**

**Paulo Ricardo Muniz Barros**

# **Avaliando a Qualidade de Produto de Software Educacional em Saúde: o caso SimDeCS.**

Dissertação submetida ao Programa  
de Pós-Graduação em Ciências da  
Saúde da Fundação Universidade  
Federal de Ciências da Saúde de  
Porto Alegre como requisito para a  
obtenção do grau de Mestre (Doutor)

Orientadora: Dra. Cecília Dias Flores  
Co-orientador: Dr. Sílvio César Cazella

**Porto Alegre**

**2013**

Barros, Paulo Ricardo Muniz

Avaliando a Qualidade de Produto de Software em Saúde:  
o caso SimDeCS. / Paulo Ricardo Muniz Barros. -- 2013.

148 p. : il., graf., 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): Cecília Dias Flores ; coorientador(a):  
Sílvio César Cazella.

1. Avaliação Software. 2. Qualidade de Software. I.  
Título.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu tudo que sempre precisei.

A minha esposa Júlia, que sempre me apoiou incondicionalmente, auxiliando e motivando durante toda esta trajetória.

Aos meus orientadores, Cecília e Silvio que me auxiliaram neste trabalho e possibilitaram a realização desta tarefa. A professora Marta que me incentivou e me auxiliou durante o mestrado.

A todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste estudo.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	8
2. SIMULADORES EDUCACIONAIS .....	11
2.1. AVALIANDO SIMULADORES EDUCACIONAIS .....	12
2.2. ESTUDOS RELACIONADOS .....	13
3 MÉTODOS.....	17
3.1 APLICAÇÃO DO INSTRUMENTO.....	17
3.2 INSTRUMENTO .....	18
4. ESTUDO DE CASO: SIMDECS.....	21
5. RESULTADOS.....	27
5.1 RESULTADO DA APLICAÇÃO DO INSTRUMENTO 1 .....	27
5.2 RESULTADO DA APLICAÇÃO DO INSTRUMENTO 2 .....	30
6. CONCLUSÃO .....	32
REFERÊNCIAS .....	34
ARTIGO A SER PUBLICADO .....	37
APÊNDICES .....	60
APÊNDICE I: ARTIGO COMPLETO PUBLICADO NA RENOTE 2012.....	61
APÊNDICE II: ARTIGO COMPLETO PUBLICADO NO SEGAH 2013.....	73
APÊNDICE III: ARTIGO COMPLETO PUBLICADO NO IBERAMIA 2012 ....	80
APÊNDICE IV: ARTIGO COMPLETO PUBLICADO NO LACLO 2012 .....	91
APÊNDICE V: ARTIGO COMPLETO PUBLICADO NO WORKSHOP WEESAC 2011 .....	104
APÊNDICE VI: ARTIGO RESUMIDO PUBLICADO NO WORKSHOP WEESAC 2011 .....	117
APÊNDICE VII: ARTIGO COMPLETO PUBLICADO NO LACLO 2010 .....	125
ANEXOS .....	135
ANEXO I - INSTRUÇÕES PARA PUBLICAÇÃO .....	136
ANEXO II - OFICIO DA COMPESQ.....	147

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Etapas da construção de simulação SIMDECS (Bez et al., 2012).....	21
Figura 2 - Rede Bayesiana Cefaleia.....	22
Figura 3 - Montagem do caso clínico .....	23
Figura 4 - Tela do Simulador SimDeCS .....	24
Figura 5 - Etapa de Investigação no SimDeCS .....	25
Figura 6 - Intervenção do Simulador .....	26
Figura 7 - Perfil dos avaliados.....	27
Figura 8 - Gráfico dos Resultados.....	28
Quadro 1- Recursos dos trabalhos relacionados.....	14
Quadro 2 - 10 Regras de ouro .....	16
Quadro 3 - Instrumento de Avaliação.....	19
Quadro 4 - Instrumento de Avaliação Especialista. ....	20
Tabela 1 - Resultado da amostra .....	28
Tabela 2 - Perfil dos especialistas.....	30
Tabela 3 - Resultado Avaliação Especialistas .....	31

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>SIGLA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ACLS	Advanced Cardiac Life Support
ATLS	Advanced Trauma Life Support
BLS	Basic Life Support
BN	Bayesian network
COBEM	Congresso Brasileiro de Educação Médica
CSQU	Questionário de Usabilidade de Sistema
ISO	International Organization for Standardization
MAS	Multi-agent System
MBE	Medicina Baseada em Evidência
PACS	Sistema de Comunicação e Arquivamento de Imagens
PALS	Pediatric Advanced Life Support
SimDeCS	Simulador Inteligente para a Tomada de Decisão em Cuidados de Saúde
UFCSPA	Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

## RESUMO

O ensino na medicina, assim como em outras áreas do conhecimento, tem sofrido grandes transformações e, cada vez mais, busca-se por ferramentas mais eficientes e intuitivas, que possam facilitar e apoiar o desenvolvimento do processo cognitivo humano aliado a fatores e critérios que possam auxiliar na construção do conhecimento dos alunos. Inúmeras tecnologias são empregadas e uma enorme gama de recursos é oferecida. Este estudo propõe um modelo de avaliação da qualidade de produto de software, baseando-se, para tanto, na norma ISO (*International Organization for Standardization*) e nas principais regras para concepção de software para ensino de medicina. Como resultado, tem-se um instrumento para avaliação, usando o caso de estudo SimDeCS para validá-lo.

Palavras Chave: Avaliação Software, Qualidade de Software

## ABSTRACT

The teaching in medicine, as in other areas of knowledge, has undergone major transformations and increasingly seek to tools for more efficient and intuitive, which would facilitate and support the development of human cognitive process together with the factors and criteria that can help Professor in building the knowledge of the students. Several technologies are employed and a huge range of features are offered. This study aims to evaluate the quality of software product, based for both, the ISO (*International Organization for Standardization*), and the main rules for designing software for medical education, resulting in a instrument for evaluation, based case study SimDeCS.

Keywords: Medical education, Multiagent System, Artificial Intelligence, Software Evaluation, Quality Software.

▪

## 1 INTRODUÇÃO

O conhecimento evolui continuamente, seu dinamismo e as mudanças de conceitos estão cada vez mais em evidência. Conseqüentemente, o processo de ensinar e aprender não se encontra mais restrito às salas de aula tradicionais (Wang et al, 2007). Com o passar dos anos, a Internet passou de um recurso para poucos a uma necessidade global, atingindo todas as classes e meios sociais (Sebastiani, 2012). Portanto, não é surpresa que desenvolvimentos tecnológicos têm penetrado nos programas de formação na área da saúde (Ward et al, 2001; Ruiz et al., 2006).

Com isto, a educação médica tem sofrido transformações que visam preparar os alunos de forma holística para resolver os problemas e reais necessidades da população. Uma das grandes alterações é o uso de tecnologias que facilitam o acesso à informação, produzindo novos materiais instrucionais que procuram preparar o futuro médico para aplicar o conhecimento adquirido e para a contínua busca do saber.

A organização curricular baseada em competência na educação médica requer um esforço disciplinado para produzir currículos com base em princípios educacionais estabelecidos, em que os objetivos da aprendizagem, os instrumentos de avaliação e conteúdo dos materiais para aprendizagem estejam claramente alinhados (Leung, 2002)

Simuladores têm sido usados como estratégia para o ensino da medicina, destacando-se no treinamento de situações de emergência como Basic Life Support (BLS), Advanced Cardiac Life Support (ACLS), Advanced Trauma Life Support (ATLS) e Pediatric Advanced Life Support (PALS) (Ziv, 2005). Seu uso tem despertado grande interesse em função do seu possível potencial educativo (Mitchell & Savill-Smith, 2004), (Botezatu et al., 2010), (Holzinger et al., 2009).

Alguns estudos evidenciam a necessidade do controle de indicadores de qualidade dos recursos tecnológicos oferecidos (Squires & Preece, 1996)(Jha & Duffy, 2002)( Kneebone, 2005)(Fieschi et al.,2002). Levando-se a perceber, assim, que processo de avaliação é fundamental para que se possa ter indícios de que a educação oferecida através do seu uso atenda às reais necessidades

dos alunos, e identificando os aspectos e os conteúdos onde o educando possa atuar para melhorar o resultado do processo de ensino.

Alguns autores alertam que a falta de instrumentos adequados para avaliação produzem um entrave significativo à absorção de softwares educacionais para o ensino da medicina (Freitas, 2006; Papastergiou, 2009; Masiello et al 2005).

Considerando os aspectos apresentados anteriormente, este trabalho propõe um modelo de avaliação de softwares educacionais voltados à área da saúde, considerando os aspectos de qualidade de software estendidos com a inserção de aspectos pedagógicos.

O modelo visa contemplar os aspectos de qualidade de software: Funcionalidade, Confiabilidade, Usabilidade e Eficiência, bem como, aspectos pedagógicos: Metodologia e Aprendizagem.

Com base nestes aspectos, a questão de pesquisa que norteia esta dissertação é: ***Quais seriam as características de um modelo de software que considera os principais aspectos da qualidade de software, assim como os aspectos pedagógicos?***

A hipótese a ser investigada e que se julga satisfatória a esta questão é: ***Que a grande tendência no uso de softwares educacionais para o ensino e aprendizagem na área da saúde esbarra na falta de instrumentos adequados para avaliação.***

Para validar o modelo proposto, será realizada a avaliação de um simulador de casos clínicos. Este simulador consiste em um software educacional, conhecido na literatura por paciente virtual, que foi desenvolvido sob a forma de um jogo (serious game).

Este trabalho está organizado em seis capítulos. O capítulo 2 traz o referencial teórico, abordando o uso de simuladores educacionais, o processo de avaliação e estudos relacionados. O Capítulo 3 apresenta os métodos de pesquisa, onde é abordada a metodologia para o instrumento desenvolvido e sua aplicação. No Capítulo 4 é apresentado o Caso de estudo, onde são abordados as principais características técnicas e pedagógicas do simulador SimDeCS (Simulador Inteligente para a Tomada de Decisão em Cuidados de Saúde).

O Capítulo 5 apresenta os resultados da aplicação de instrumentos de coleta de dados desenvolvido com base na metodologia apresentada. E por fim, no Capítulo 6, são apresentadas as conclusões e considerações finais

## 2. SIMULADORES EDUCACIONAIS

Para auxiliar na evolução dos conceitos educacionais, novas tecnologias estão sendo empregadas para apoio e auxílio no processo educacional. Estas, mais do que uma opção, são uma necessidade (Bez et al., 2012). Dentre essas tecnologias, os simuladores educacionais têm sido vistos com grande interesse em virtude do seu possível potencial educativo (Mitchell & Savill-Smith, 2004), (Botezatu et al., 2010), (Holzinger et al., 2009).

De acordo com Bez et. al.(2012), existe um aumento significativo no número de publicações sobre o desenvolvimento e uso de simuladores para o ensino na área da saúde, principalmente no que se refere às tecnologias como realidade virtual.

Com base na literatura, facilmente encontramos diversas definições para o termo simulação. Segundo Flores e outros (2011), pode representar situações práticas vivenciadas no dia-a-dia, tendo como objetivo principal proporcionar o treinamento de profissionais; como um objeto ou representação parcial ou total de uma tarefa a ser replicada. Também pode ser definida como aplicação de modelos computacionais para estudo e previsão de eventos ou comportamentos, disponibilizados para uma ampla gama de aplicações.

De um modo geral, o simulador deve ser composto pelos principais componentes de um cenário real. Deve permitir um controle deste ambiente, com riqueza de detalhes, assemelhando-se o mais próximo do ambiente real simulado. Para a área da saúde, é possível afirmar que são ferramentas que admitem que os educadores mantenham controle total do ambiente clínico, do desconforto e dos riscos potenciais para um paciente real (Ziv, 2005).

Segundo Kincaid e Hamilton (2004), a simulação pode trazer vantagens para o ensino médico, como por exemplo: 1) auxilia o estudante a compreender as relações complexas, que de outra forma exigiriam equipamentos caros ou perigosos; 2) permite a aplicação do conhecimento científico e técnico de forma integrada e simultânea; 3) permite ao aluno buscar novos métodos e estratégias para a resolução de problemas propostos pelo simulador.

Holzinger et. al. (2009) relatam que a grande vantagem da aprendizagem com simulações interativas está na natureza construtivista

proporcionada pelos processos exploratórios de aprendizagem. Os alunos, em sistemas complexos, podem, por exemplo, modificar as variáveis de entrada, e com isto perceber as alterações provocadas no ambiente, recebendo-se diretamente *feedback*. Deste modo, percebem as consequências de suas ações, podendo alterar novamente os parâmetros, revisando seus atos e, por consequência, construindo o seu conhecimento de forma dinâmica e interativa.

Masiello, Ramberg e Lonka (2005), alertam que as desvantagens do uso de um sistema de ensino baseado na Web, são na sua maioria, de natureza técnica, tais como o *design* da interface do sistema e do treinamento que deve ser fornecido a todos os usuários. Holzinger e outros (2009) alertam ainda para o fato de que com a evolução tecnológica, existem cada vez mais uma vasta gama de elementos audiovisuais disponíveis para uso. Com isto, a complexidade dos projetos e suas decisões são cada vez maiores, ocasionando preocupação nos especialistas quanto ao comportamento dos usuários finais, levando ao desenvolvimento de ferramentas centradas no usuário.

Segundo Kathleen (2008) e Ruten (2011), muitos estudos têm procurado comprovar e demonstrar os benefícios do uso da simulação no processo de ensino-aprendizagem. Através destes estudos, tentativas de produzir dados de validade e confiabilidade têm sido parcialmente bem sucedidas, colaborando com a aceitação do seu uso. Não obstante, Kathleen (2008), define ainda que este processo é lento e tardio, diante do número de indícios favoráveis.

## **2.1. AVALIANDO SIMULADORES EDUCACIONAIS**

Antes que se possa declarar que um software educacional está pronto para o uso pedagógico, é importante saber se este apoia adequadamente os usuários aos quais se destina. Ainda deve-se ter indícios do seu potencial educativo, saber até que ponto a ferramenta comporta as funcionalidades desejadas e necessárias para o processo de apoio educacional, assim como, verificar sua robustez quanto à implementação e, até mesmo, aspectos de interface e usabilidade.

Sob a ótica educacional, não basta uma *interface* atraente, com recursos sofisticados e uso fácil. Estes fatos não representam que o software foi projetado de forma adequada sob o ponto de vista educacional. Há uma relação essencial entre estes aspectos que devem ser atendidos para garantir *design de software* educacional (Squires & Preece, 1996).

Um simulador educacional precisa fornecer subsídios para que possa ser feito um acompanhamento do processo de aprendizagem, utilizando-se mecanismos de acompanhamento e avaliação. Segundo Swanwick (2010), o processo de avaliação é vital para o desenvolvimento do currículo, podendo também ser usado para garantir que a educação oferecida atenda às necessidades dos alunos, identificando aspectos e conteúdos onde o educando possa atuar para melhorar o resultado do processo de ensino.

Fieschi e outros (2002) afirmam que a tecnologia sozinha não pode garantir o processo de aprendizagem. De acordo com estes autores, o processo é complexo e necessita de uma aceitação tanto por parte do educador, quanto do educando, além da própria instituição e de sua alta administração. A falta de uma estrutura útil para avaliação e qualificação das ferramentas, de outras pesquisas baseadas em evidência é avaliada por Freitas (2006) como um entrave significativo para a absorção de simulações e jogos no ensino.

Curran & Fleet (2005) complementam estes conceitos, indicando que estudos de avaliação são essenciais para identificar as tecnologias e formatos de aprendizagem. Ainda, que são igualmente eficazes para facilitar a aprendizagem e estimular a mudança prática e o aprimoramento. Este conjunto de aspectos deve ser usado para apoiar uma melhor escolha e, até mesmo, atuar no processo de melhoria e atualização das ferramentas de ensino e aprendizagem (Jha & Duffy, 2002; Kneebone, 2005).

## **2.2. ESTUDOS RELACIONADOS**

Através da revisão da literatura é possível observar que há algum tempo existe certa preocupação com a qualidade dos produtos de software no apoio ao ensino, porém com pouca especificidade, principalmente no que se refere à área da saúde.

O quadro 1 apresenta um comparativo com alguns estudos, apresentando os principais aspectos.

**Quadro 1- Recursos dos trabalhos relacionados**

<b>Autor</b>	<b>Características</b>	<b>Aspectos avaliados</b>	<b>Resultados</b>
<b>Chua &amp; Dyson (2004)</b>	Avaliação quantitativa com base a NBR ISO 9126	Funcionalidade, confiabilidade e usabilidade sob aspectos técnicos, foco no aluno.	Elucidar pontos fracos e fortes do sistema educacional, sugerindo a metodologia apresentada como forma de qualificação básica para tomada de decisão na escolha de ferramentas de ensino a distancia
<b>Chow e Chan (2010)</b>	Avaliação quantitativa de usabilidade com base no formulário CSQU	Usabilidade sob o ponto de vista técnico	Identificação de características e problemas a partir da visão do usuário do sistema, com isto garantindo uma melhor adaptação e aceitação por parte dos usuários.
<b>Hainey et all.(2011)</b>	Avaliação qualitativa do sistema sob o ponto de vista pedagógico	Pedagógico, com foco no aluno	Levantar indícios do real potencial educativo.
<b>Jha e Duffy (2002)</b>	Avaliação formativa, considerado o melhor perfil de avaliação em sistema para apoio ao ensino na saúde	Pedagógico, com foco em sistema de apoio ao ensino em saúde sob a visão do especialista	Proposta das 10 regras de ouro para sistema de apoio ao ensino em saúde

Em 2004 foi conduzido um estudo onde 120 estudantes de graduação fizeram uso de um Sistema de Gestão da Aprendizagem baseado na web (*Blackboard*). Este estudotinha o intuito de fornecer elementos para desenvolver cursos totalmente on-line (Chua e Dyson, 2004). Durante um semestre foi realizada uma avaliação qualitativa com base na NBR ISO 9126 (NBR ISO/IEC 9126-1, 2003), norma transformada em referência internacional para avaliação da qualidade do software. Esta norma serve como instrumento para balizar o desenvolvimento de software e o processo de melhoria contínua, sob os aspectos de:

- Funcionalidade – Capacidade do software de prover funções que atendam às necessidades explícitas e implícitas, quando utilizado em condições especificadas;
- Confiabilidade – Capacidade software de manter um nível de desempenho específico, quando usado em condições especificadas;
- Usabilidade – Capacidade do software de ser compreendido, aprendido, operado e atraente ao usuário, quando usado em condições especificadas.

Com base neste estudo, Chua e Dyson (2004) puderam elucidar os pontos fracos e fortes do ambiente virtual de aprendizagem, sugerindo a metodologia apresentada como forma de qualificação básica para a tomada de decisão na escolha de ferramentas de ensino à distância.

Em 2010, Chow e Chan (2010) apresentaram um estudo de avaliação de usabilidade do Sistema de Comunicação e Arquivamento de Imagens (PACS), com base em Questionário de Usabilidade de Sistema (CSQU). A mesma serviu como um importante recurso na identificação de características e problemas a partir da visão do usuário do sistema, e com isto, garantindo uma melhor adaptação e aceitação por parte dos usuários.

Hainey e outros (2011) apresentaram um estudo diferenciado, tendo uma abordagem para avaliação do sistema sob o ponto de vista pedagógico. O objeto avaliado foi um jogo como ferramenta de apoio ao ensino superior. Deste modo, a avaliação levantou indícios do real potencial educativo no seu emprego.

Jha e Duffy (2002) desenvolveram um estudo com o intuito de sanar as principais falhas nos processos de avaliação para área da saúde, criando uma avaliação sistemática de uso universal. Desenvolveram uma avaliação formativa, apresentando como resultado 10 regras de ouro para o melhor perfil de software para educação em saúde.

Como base do estudo, foi elaborado um questionário, utilizando a combinação dos modelos de avaliação comumente utilizados, gerando-se um piloto de avaliação para determinar os itens que precisam ser usados para a avaliação de um software educacional.

Um questionário final já validado foi apresentado contendo 51 itens em oito grandes categorias, sendo estas: 1) informação geral; 2) conteúdo; 3) design; 4) apresentação; 5) interação; 6) uso de multimídia; 7) resultado e 8) impressão geral. Cada categoria foi dividida em grupos menores na forma de declarações. Estas declarações foram baseadas nos itens selecionados pelo grupo piloto. Houve uma combinação de perguntas e quantificados separadamente utilizando uma escala Likert com o apoio de um campo para resposta livre.

Este questionário foi enviado a 150 usuários selecionados aleatoriamente a partir de uma lista. Os dados qualitativos obtidos com a

avaliação geraram como resultado 10 itens (Quadro 2), sendo estes os mais comuns, identificados pela maioria dos entrevistados como os mais importantes e abrangentes para o design de software para educação em saúde. Estes itens foram sugeridos como as 10 regras de ouro, podendo ser aplicados de forma universal.

**Quadro 2 - 10 Regras de ouro**

<b>Regra 1</b>	O conteúdo deve ser adequado para a finalidade educacional, de bom nível e relevantes para a prática clínica.
<b>Regra 2</b>	O conteúdo deve ser baseado em evidências, e não em opiniões.
<b>Regra 3</b>	Usa hipermídia e hipertexto para promover o conhecimento.
<b>Regra 4</b>	Certifique-se de que a apresentação é interessante, agradável e desafiador.
<b>Regra 5</b>	Usa multimídia apropriadamente.
<b>Regra 6</b>	Usa uma configuração baseada em problemas
<b>Regra 7</b>	O conteúdo e as tarefas devem estimular habilidades analíticas e de resolução de problemas.
<b>Regra 8</b>	O produto deve ser de fácil utilização, com fácil navegabilidade.
<b>Regra 9</b>	Dar um impulso adequado para uso
<b>Regra 10</b>	Manter o custo baixo e manter cronogramas de produção rigorosos.

Fonte: Jha & Duffy (2002)

Com base nestes estudos, pode-se perceber a necessidade da avaliação abordar diversos aspectos da qualidade, além das questões técnicas envolvidas, englobando aspectos do processo de aprendizagem como transferência de conhecimento (Botezatu et al., 2010). Que o processo de avaliação seja centrado nas necessidades do usuário e que esta avaliação seja feita sob uma visão holística por parte de especialistas, com foco nos requisitos essenciais no processo educacional.

### **3 MÉTODOS**

A caracterização metodológica do trabalho proposto possui uma natureza aplicada, uma vez que foi realizada uma revisão da literatura com o intuito de investigar e aportar conhecimento para desenvolver e aplicar uma metodologia de avaliação de sistemas educacionais para o ensino médico. A forma de abordagem da pesquisa foi qualitativa e quantitativa, de modo que a investigação e validação foram realizadas através de um questionário com uso de questões onde os resultados foram quantificados de acordo com uma escala Likert. Isso foi realizado com o apoio de questões descritivas, nas quais foi solicitado aos participantes expressar sua opinião sobre o domínio da questão.

Esta pesquisa teve um objetivo exploratório, visto que se buscou uma aplicação nova de uma metodologia, e não a descrição de uma ou explicação de sua dinâmica. Como procedimento técnico, iniciou-se com pesquisa bibliográfica e experimental, onde se buscou documentar e levantar instrumentos e metodologias de avaliação existentes de diferentes autores. Este processo foi seguido de procedimentos experimentais, consistindo na criação de uma nova metodologia, com base na revisão da literatura feita. Posteriormente, validou-se com o uso de um estudo de caso, onde foi aplicada a metodologia desenvolvida, tentando retratar a realidade em suas múltiplas dimensões, e buscando, desta forma, considerar o máximo dos fatores possíveis de maneira detalhada.

A seguir, são apresentadas as etapas do procedimento metodológico de aplicação do instrumento de avaliação desenvolvido.

#### **3.1 APLICAÇÃO DO INSTRUMENTO**

O processo de avaliação foi composto por dois instrumentos. O instrumento com foco na visão do aluno teve uma amostra por conveniência, composta por professores, médicos e alunos (médicos) de duas oficinas distintas. Uma ocorreu no 50º COBEM (Congresso Brasileiro de Educação Médica), no mês de outubro de 2012, e a outra realizada na UFCSPA, no mês de dezembro do mesmo ano. Foi utilizada uma abordagem participativa, na

qual se buscou uma avaliação quantitativa e qualitativa, baseada em um modelo validado.

A mecânica da avaliação das oficinas ocorreu da seguinte forma: inicialmente, procedeu-se a uma apresentação do simulador, com o auxílio de recursos audiovisuais, apresentando os principais pontos e funcionalidades da ferramenta, e destacando ainda, cada etapa do funcionamento do simulador (etapas de investigação, diagnóstico e conduta). Logo após, foram distribuídas senhas individuais, onde cada participante pode utilizar o sistema e simular diversas vezes.

Durante este período, dois estudantes ficaram à disposição para auxílio no uso do simulador e esclarecimento de dúvidas. Depois de transcorrido um determinado período de utilização, foi apresentado o instrumento avaliativo individual que deveria ser preenchido e submetido de forma eletrônica.

Para avaliação feita com foco no especialista de domínio, foram separados potenciais especialistas, professores, que participaram das oficinas anteriores, ocorrida na UFCSPA e no COBEM. Para isto, foi enviado um convite por e-mail que continha orientações sobre o preenchimento do questionário virtual e link para acesso ao simulador.

O questionário ficou disponível durante duas semanas, tendo à disposição um tutor para auxílio no uso do simulador. Após a coleta, os dados foram compilados e analisados.

### **3.2 INSTRUMENTO**

Para este trabalho foram elaborados dois instrumentos de avaliação, com objetivos específicos. Ambos com o foco na avaliação de um software educacional para a área da saúde:

1) um instrumento visando a avaliação com foco no usuário (aluno), tendo esta como base na NBR ISO/IEC 9126 (NBR ISO/IEC 9126-1, 2003) e uma abordagem educacional;

2) um instrumento visando obter a visão de um especialista de domínio, com base nas regras de ouro.

O instrumento utilizado para avaliação do software, sob a visão do usuário, abrange 6 dimensões, abordando tanto os aspectos de qualidade

quanto os da metodologia empregada, funcionalidade, confiabilidade, usabilidade, eficiência e aprendizagem. No Quadro 3 é apresentado o questionário, com suas questões separadas por dimensões referentes aos domínios avaliados.

**Quadro 3 - Instrumento de Avaliação.**

<b>METODOLOGIA</b>
<p>O simulador favorece o pensar em um diagnóstico a partir das evidências?  O simulador propicia a partir das evidências e diagnósticos uma fácil indicação de conduta?  Os recursos disponibilizados não são suficientes para o estudo de um caso clínico?  A apresentação de feedbacks permitindo que o aluno retorne a uma questão e corrija, facilita o aprendizado?  Ao finalizar o atendimento o Simulador oferece oportunidade aos alunos de rever o processo de resolução do caso clínico, permitindo o melhor entendimento e aprendizado do conteúdo?</p>
<b>FUNCIONALIDADE</b>
<p>A descrição inicial e sequencial do Simulador é clara e objetiva, levando o jogador a entender o que deve ser realizado?  O software dispõe de funções que permitam a adequada execução do simulador?  Percebo no Simulador informações íntegras e confiáveis?  O Simulador é preciso nos resultados parciais e finais?  O Simulador pode ser acessado via internet?  No Simulador não são atendidos os preceitos éticos e morais da área da saúde?  O Simulador dispõe de segurança de acesso através de senhas e diferentes perfis?</p>
<b>CONFIABILIDADE</b>
<p>O Simulador apresenta erros com frequência?  O Simulador informa de forma clara quando ocorrem erros?  O Simulador informa ao usuário a entrada de dados inválida?  O Simulador é capaz de recuperar dados em caso de falha?</p>
<b>USABILIDADE</b>
<p>A interface do simulador facilita seu uso intuitivo?  As funções no Simulador são fáceis de serem executadas?  O Simulador é fácil de aprender a usar?  Não é fácil operar e controlar o simulador?  Existe clareza no conteúdo de ajuda apresentado durante a execução do Simulador?</p>
<b>EFICIÊNCIA</b>
<p>O tempo de resposta nas interações com o Simulador é adequado?  O tempo de execução de cada caso é adequado?</p>
<b>APRENDIZAGEM</b>
<p>O Simulador permite que o usuário retenha conhecimento?  O Simulador é uma ferramenta motivacional para aprendizagem?  O <i>feedback</i> do simulador ao aluno é adequado?  O simulador permite uma maior participação do aluno, interferindo na relação pedagógica professor x aluno?  O simulador não favorece o aluno a estudar de forma autônoma?  O simulador pode ser utilizado como um recurso efetivo na educação médica?</p>

Para o instrumento de avaliação com foco na visão do especialista, foram elaboradas 10 questões (Quadro 4) abordando as regras de ouro para avaliação sugeridas no estudo de Jha & Duffy (2002). O seu principal objetivo é recuperar do especialista uma avaliação da força, do potencial e das

deficiências do sistema a ser julgado, com base em sua extensa experiência e familiaridade com o domínio em questão.

**Quadro 4 - Instrumento de Avaliação Especialista.**

Questão	Avaliação Especialista de domínio
1	O conteúdo do simulador é adequado para a finalidade educacional?
2	O conteúdo do simulador é baseado em evidências e não em opiniões?
3	O simulador permite o uso de hipermídia e hipertexto para promover o conhecimento?
4	O simulador possui uma interface interessante, agradável e desafiadora?
5	O uso de multimídia no simulador é apropriado?
6	O simulador permite que os alunos possam explorar e experimentar de forma interativa as possibilidades de resolução de casos clínicos?
7	O simulador apresenta o conteúdo de modo que estimule o uso das habilidades analíticas e clínicas para resolução de problemas?
8	O simulador é de fácil utilização, sua navegação é apropriada?
9	O simulador pode ser definido como uma ferramenta propícia para uso, em função dos benefícios proporcionados?
10	O simulador pode ser definido como uma ferramenta com baixo custo de manutenção, proporcionando uma fácil manutenção dos casos apresentados, permitindo uma rápida atualização dos conteúdos?

Para cada dimensão avaliada foi reservado um espaço para contribuição em texto livre, onde o avaliador poderia deixar registrado comentários e sugestões no que se refere a dimensão avaliada. As questões utilizaram uma escala *likert* de 5 pontos, dividida em faixas correspondentes aos graus de satisfação do usuário quanto ao item analisado, sendo os valores da escala: 1- Discordo totalmente; 2- Discordo ; 3- Indiferente; 4- Concordo; 5- Concordo plenamente.

#### 4. ESTUDO DE CASO: SIMDECS

O SimDeCS (Simulador Inteligente para a Tomada de Decisão em Cuidados de Saúde) é um simulador de caso clínico, desenvolvido por um grupo de pesquisa na Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA<sup>1</sup>), no qual esta dissertação colabora como integrante. O grupo de pesquisa conta como principal parceiro o governo brasileiro, sob o projeto PRÓ-ENSINO NA SAÚDE<sup>2</sup>, demonstrando sua relevância como um estudo inovador no contexto de educação em saúde.

O simulador SimDeCS é voltado para a atenção primária, atendendo os preceitos da Medicina Baseada em Evidência (MBE). Sua estrutura disponível para a Web (figura 1), seus fundamentos básicos e sua arquitetura são oriundos do Sistema Ampla (Flores, 2005). O SimDeCS foi desenvolvido com linguagem Java, banco de dados Postgres, conceitos de rede Bayesiana (Bez et al., 2012) e uma arquitetura MultiAgente (MAS) (Barros et al, 2011), (Barros et al. 2012), destinado a apoiar a aprendizagem através de uma abordagem construtivista (Piaget, 1971).

Sua estrutura é apresentada na Figura 1, e suas etapas serão especificadas na sequência.

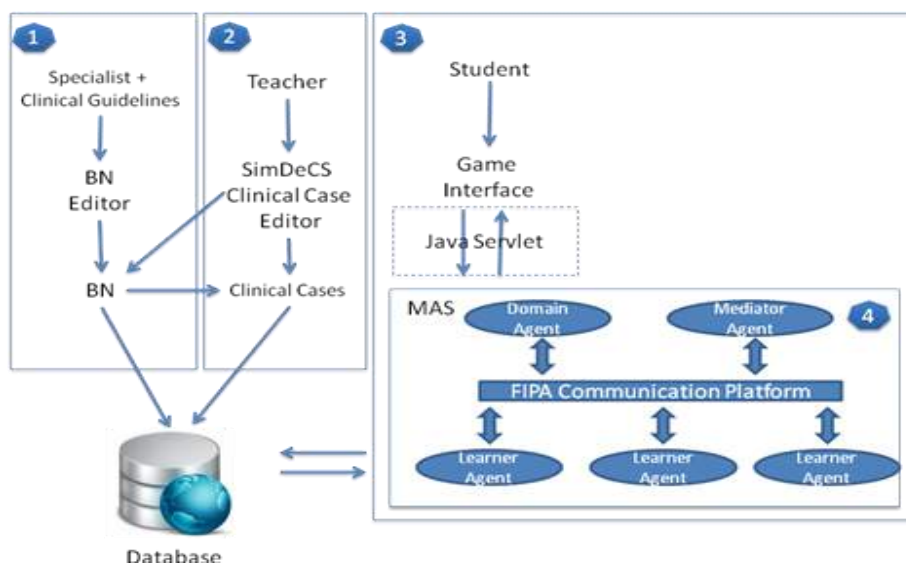


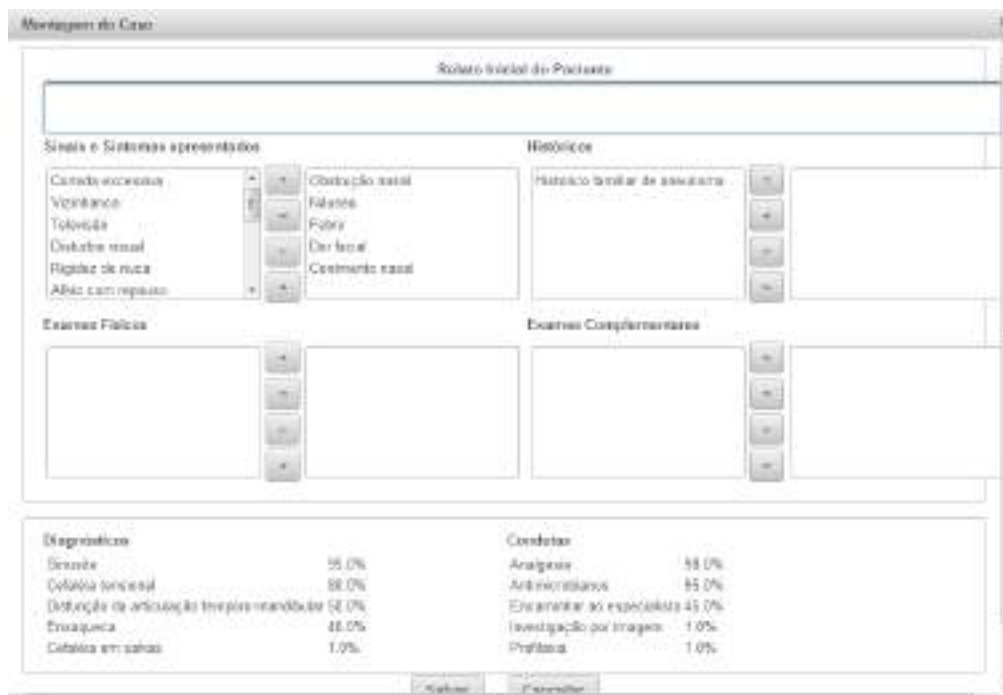
Figura 1 - Etapas da construção de simulação SIMDECS (Bez et al., 2012)

<sup>1</sup> <http://www.ufcspa.edu.br>

<sup>2</sup> Projeto número 39, da UFCSPA, aprovado na chamada pública CAPES 024/2010



probabilidades são propagadas na rede, facilitando o processo e a elaboração de cada caso clínico.



**Figura 3 - Montagem do caso clínico**

A apresentação do caso clínico, estágio 3, apresentado na Figura 4, ocorre através de uma *interface*, desenvolvida em Flash, na qual ocorrem as interações do aluno com o ambiente.



**Figura 4 - Tela do Simulador SimDeCS**

O processo de formulação do diagnóstico médico pode ser visto como composto pelas seguintes etapas: entrevista médica, exame físico, formulação de hipóteses diagnósticas, solicitação (ou não) de exames complementares. Depois de estabelecido um diagnóstico, o aluno elaborará a conduta, que pode ser a prescrição de um determinado medicamento, encaminhamento para um especialista ou a solicitação de novos exames.

Sua estrutura permite uma total interação do aluno sobre o ambiente, através de uma aprendizagem exploratória, segundo Holzinger et. al. (2009) esta é uma das principais características desejável da aprendizagem com uso de simulador, em virtude dos alunos ter a liberdade de fazer escolhas por diferentes caminhos, experimentando diferentes situações sem que haja dano a pacientes reais.

Estas etapas estão devidamente separadas no sistema e seguem sua ordem lógica, mantendo os preceitos atuais sobre a formulação do diagnóstico. Uma destas etapas pode ser observada na Figura 5.



Figura 5 - Etapa de Investigação no SimDeCS

Suas interfaces possuem descrições claras e intuitivas, demonstrando uma boa usabilidade e atratividade, sendo este um dos pontos fundamentais para uma boa aceitação de software (Chua & Dyson, 2004),

O estágio 4 é composto por um ambiente multiagente (Zhang & Lesser, 2013), ocorre em *background* e em paralelo com o estágio 3, onde todas as decisões tomadas pelo aluno são repassadas ao ambiente através do agente aprendiz. Esta etapa também é composta por mais dois agentes que interagem no ambiente: o primeiro denominado agente Mediador (Figura 6), que possui a função de mediar as interações do aluno, observando as ações e disparando estratégias pedagógicas em como forma de *feedback*, em função das escolhas feitas. Permitindo, assim, uma retomada das suas decisões e um total controle do professor sobre o caminho seguido pelo aluno. Botezatu et al. (2010) alertam que este é um ponto importante para que se tenha maior chance de sucesso em um processo de aprendizagem.

Outro agente, denominado agente de Domínio, representando a base no conhecimento do especialista.



**Figura 6 - Intervenção do Simulador**

O agente Mediador tem um papel de mediar as interações entre o aluno (agente Aprendiz) e o conhecimento do professor (agente de Domínio) em cada fase, tendo a função de induzir o aluno a rever suas decisões sempre que necessário, mediando decisões, fazendo com que o aluno reveja suas ações para encontrar o caminho correto para a solução do caso clínico.

Com base nas informações coletadas durante a simulação, é apresentado ao aluno um resumo contendo um mapa do caminho percorrido por este em função de cada escolha feita no processo.

No que diz respeito à avaliação, o simulador apresenta artifícios no sentido mais amplo do que simplesmente retornar ao docente o resultado da simulação. Ela atua de forma ativa no processo de ensino, apresentando o caminho percorrido mediante as intervenções. Este retorno além de ser registrado também é apresentado em formato de Log, acessível posteriormente, permitindo um acompanhamento total do processo de aprendizagem.

## 5. RESULTADOS

Com base na coleta de dados com o uso dos instrumentos apresentados, os resultados são separados em dois grupos distintos. O primeiro apresenta o resultado proveniente da avaliação com foco no aluno e, o segundo grupo, a avaliação dos especialistas de domínio, com base no segundo instrumento.

### 5.1 RESULTADO DA APLICAÇÃO DO INSTRUMENTO 1

O perfil da amostra, para a qual foi submetido o instrumento de avaliação, é apresentado na Figura 7. Pode ser observado que grande parte do público era composto por médicos e professores da área da saúde. Todos indicaram ter conhecimento de informática, declarando ter familiaridade ao utilizar software em geral como editores de textos, planilhas de cálculo, apresentação e Internet.

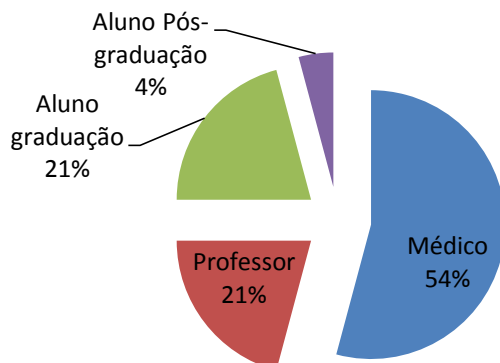


Figura 7 - Perfil dos avaliados

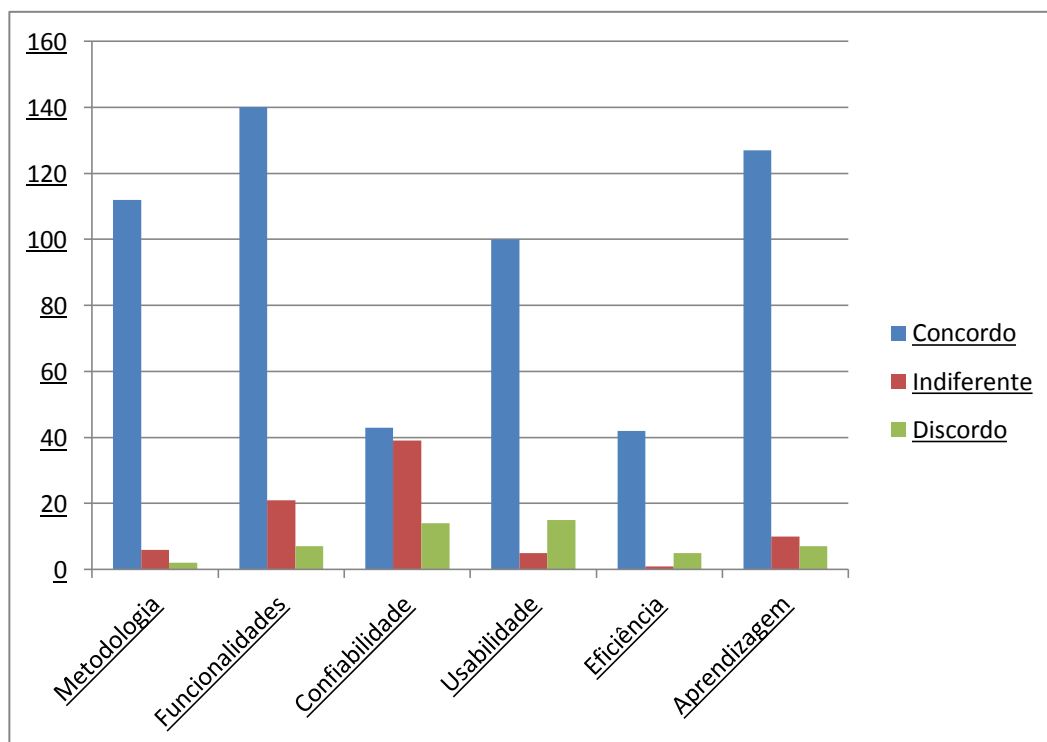
Para uma melhor análise e apresentação dos dados, foram agrupados os resultados de Concordo Plenamente e Concordo, em apenas um grupo e, respectivamente os de Discordo Plenamente com Discordo, criando, desta forma apenas 3 grupos de resultado. Isto permite uma melhor visualização da satisfação ou insatisfação quanto à funcionalidade avaliada. É importante ressaltar que o número total de respondentes é 17, sendo os resultados de

cada dimensão compostos de mais de uma questão. A tabela 1 apresenta o resultado geral das respostas após o agrupamento.

**Tabela 1 - Resultado da amostra**

	Concordo	Indiferente	Discordo
Metodologia	112 (93%)	6 (5%)	2 (2%)
Funcionalidades	140 (83%)	21 (13%)	7 (4%)
Confiabilidade	43 (45%)	39 (41%)	14 (15%)
Usabilidade	100 (83%)	5 (4%)	15 (13%)
Eficiência	42 (88%)	1 (2%)	5 (10%)
Aprendizagem	127(88%)	10 (7%)	7 (5%)

Conforme o gráfico apresentado na Figura 8 é possível verificar que os índices de concordância entre as dimensões avaliadas foram consideravelmente altos, contrastando apenas com a confiabilidade. Isso se justifica, na maior parte das avaliações, em função da ausência de falhas e à falta de condições de avaliar esta dimensão, gerando, desta forma, um alto índice de indiferença.



**Figura 8 - Gráfico dos Resultados**

A dimensão metodologia, do questionário, busca avaliar questões importantes quanto à metodologia clínica utilizada no simulador. Busca-se descobrir o quanto a mesma consegue representar, sem perda, a prática clínica tradicional, onde diversos fatores influenciam a tomada de decisão (Higgs et al, 2008). Neste quesito, obteve-se um índice de concordância de 93%, levando-se a crer que a metodologia empregada no simulador é adequada.

Referente à dimensão funcionalidades, o índice de concordância foi de 83%. Neste, o questionário buscou descobrir necessidades e funções que permitam uma adequada execução do ambiente simulado. Desta forma, o que se espera é que o simulador permita aos educadores manterem controle total do ambiente clínico, representado de forma fidedigna o ambiente real (Ziv, 2005).

Para a dimensão confiabilidade, os resultados não foram satisfatórios, uma vez que o índice de indiferença chegou a 41%. Isto, porém, pode ser justificado, em muitos casos, pela ausência de falhas durante a execução. Este quesito tentou elucidar pontos que poderiam desmotivar o uso da ferramenta em função de inconstância ou falhas durante o processo de simulação.

A dimensão usabilidade busca observar a capacidade do simulador de ser compreendido, aprendido, operado e atraente aos olhos do usuário (Chua & Dyson, 2004). Para este quesito, a avaliação teve um índice de concordância de 83%, indicando que o simulador possui interface intuitiva e com facilidade para uso. Isso indica que o simulador tem uma estrutura de interface bem aceita pelos usuários. Em contrapartida, nos discordantes, em 13% ocorreram justificativas referentes aos recursos gráficos pouco sofisticados, em comparação com jogos atualmente comercializados, uma vez que isto possa desmotivar o público já acostumado com recursos gráficos mais elaborados.

Para o item eficiência, os resultados foram satisfatórios, já que o índice de concordância foi de 88%. Neste aspecto, o questionário visou uma avaliação sobre o tempo de resposta e o tempo de execução do caso, porquanto este aspecto pode desmotivar o usuário em função de demora ou de atraso de resposta.

A dimensão aprendizagem teve o intuito de avaliar a capacidade do simulador quanto aos aspectos fundamentais, tratando-se de aprendizagem, como transferência de conhecimento (Botezatu, 2010), feedback, autonomia na aprendizagem (Swanwick, 2010) e recursos ativos de aprendizagem (Prince, 2004). Para este aspecto, o índice de concordância foi de 88%, indicando um resultado satisfatório. Em contrapartida, dentre os 5% que discordaram, houve questionamento quanto à fundamentação estatística e confronto com métodos tradicionais, levando-se a crer que, devido à grandiosidade desta dimensão, merece um aprofundamento neste quesito.

A principal limitação no processo apresentado diz respeito ao baixo número de elementos na amostra, impossibilitando um cálculo estatístico e uma possível comparação entre ferramentas similares.

## 5.2 RESULTADO DA APLICAÇÃO DO INSTRUMENTO 2

O Perfil da amostra, para a qual foi submetido o instrumento de avaliação com foco no especialista, é apresentado na Tabela 2. Para este instrumento, foi trabalhado com uma população de 7 especialistas, cumprindo a indicação de Nielsen (1994) que especifica um mínimo de 5 especialistas para uma avaliação consistente.

Todos os especialistas indicaram ter conhecimento de informática, declarando possuírem familiaridade ao utilizar software em geral, como editores de textos, planilhas de cálculo, apresentação e Internet.

**Tabela 2 - Perfil dos especialistas**

<b>Atividade</b>	<b>Perfil do Especialista</b>
Médico	3
Professor	3
Aluno Pós-graduação	1

O quadro a seguir apresenta os resultados da aplicação das 10 questões (Tabela 3). Expõe um alto índice de concordância entre os pontos levantados. Assim como no questionário apresentado no instrumento1, foi reservado um espaço para *feedback* do especialista.

**Tabela 3 - Resultado Avaliação Especialistas**

<b>Nº</b>	<b>Avaliação Especialista de domínio</b>	<b>C</b>	<b>I</b>	<b>D</b>
1	O conteúdo do simulador é adequado para a finalidade educacional?	7		
2	O conteúdo do simulador é baseada em evidências e não em opiniões?	7		
3	O simulador permite o uso de hipermídia e hipertexto para promover o conhecimento?	4	2	1
4	O simulador possui uma interface interessante, agradável e desafiadora?	7		
5	O uso de multimídia no simulador é apropriado?	5	2	
6	O simulador permite que os alunos possam explorar e experimentar de forma interativa as possibilidades de resolução de casos clínicos?	6	1	
7	O simulador apresenta o conteúdo de modo que estimule o uso das habilidades analíticas e clínicas para resolução do problemas?	6	1	
8	O simulador é de fácil utilização, sua navegação é apropriada?	7		
9	O simulador pode ser definido como uma ferramenta propícia para uso, em função dos benefícios proporcionados?	7		
10	O simulador pode ser definido como uma ferramenta com baixo custo de manutenção, proporcionando uma fácil manutenção dos casos apresentados, permitindo uma rápida atualização dos conteúdos?	5	2	

Legenda: Concordo (C), Indiferente (I) e Discordo (D)

Pode-se perceber que todos os especialistas definem o simulador como uma ferramenta baseada em evidências, adequada para a finalidade educacional e propícia para uso. Estes critérios são importantes para um software educacional voltado para o ensino médico (Jha e Duffy, 2002).

Outro quesito que também obteve uma boa aceitação foi quanto aos aspectos de interface, usabilidade e atratividade, sendo este um dos pontos fundamentais para uma boa aceitação de software (Chua & Dyson, 2004). O resultado também destaca uma elevada concordância quanto aos benefícios exploratórios e à natureza construtivista proporcionada pelo simulador (Hozinguer et al., 2009).

Uma questão que teve pouca aceitação é a que diz respeito ao uso de recursos multimídia, todavia este fato pode ter origem na construção do caso, que não fazia uso deste recurso.

## 6. CONCLUSÃO

Com a convergência de novas tecnologias no processo educacional, fica evidente que seu emprego deve ser cuidadosamente absorvido com respaldo de estudos e comprovações. Com base na revisão da literatura, pode-se perceber que existe uma grande carência de instrumentos que possam auxiliar no processo de escolha e aferição de ferramentas tecnológicas para apoio à educação.

Os instrumentos encontrados mostram defasados se comparados à grande demanda e às transformações que têm ocorrido no processo de educação médica, elucidando uma grande carência de instrumentos que indiquem e facilitem a escolha de ferramentas apropriadas para o apoio ao processo de aprendizagem.

Com base nesta constatação, pode ser percebida uma lacuna a qual levou à questão de pesquisa: ***É possível propor um modelo para avaliação de software educacional que abarque aspectos de qualidade de software, bem como aspectos pedagógicos?***

Para tanto, foi percorrido um longo caminho no qual foram cumpridos objetivos específicos, tais como: Proceder a uma revisão bibliográfica sobre normas de qualidade de software; Realizar um levantamento bibliográfico sobre avaliação de software educacional para a saúde; Analisar e implementar do sistema SimDeCS; Analisar instrumentos com foco na avaliação de ferramentas de apoio à aprendizagem médica; Desenvolver um instrumento de avaliação com base no modelo de avaliação de qualidade de software estendidos com a inserção de aspectos pedagógicos.

Com isto, pode ser confirmada a hipótese de pesquisa: ***Que a grande tendência no uso de softwares educacionais para o ensino e aprendizagem na área da saúde esbarra na falta de instrumentos adequados para avaliação.***

Deste modo, o estudo aqui apresentado visou contribuir com subsídios balizadores no processo de avaliação e melhoria contínua, seja como elemento auxiliar no complexo processo de desenvolvimento, seja como no suporte para possíveis necessidades de adequação e customização. Tendo, desta forma, como finalidade a busca por melhorias para o processo de aprendizagem, e

assim, resultando em um ambiente que contribua de forma significativa na formação acadêmica em saúde. Desta forma, cumprindo-se também o objetivo geral desta pesquisa, que consiste em conceber um modelo que permita a avaliação da qualidade de produtos de software educacionais em saúde.

Ao término deste trabalho, cabe como proposta de trabalhos futuros a aplicação do modelo a dois ou mais sistemas educacionais para educação médica, com a utilização de métodos estatísticos e, se possível, uma comparação com métodos efetivos para o processo de aprendizagem na área médica.

## REFERÊNCIAS

- Barros, P. R. M. ; Bez, M. R. ; Cazella, S. C. ; Flores, C. D. (2011). Framework para Re-engenharia do Ambiente AMPLIA. In: WESAAC 2011, Curitiba. V Workshop-Escola de Sistemas de Agentes, seus Ambientes e aplicações: 97-108
- Barros, P. R. M.; Cazella, S. C. ; Bez, M. R. ; Flores, C. D. ; Dahmer, A.; Mosmann, J. B. ; Maroni, V. ; Fonseca, J. M. (2012). Um Simulador de Casos Clínicos Complexos no Processo de Aprendizagem em Saúde. *RENOTE*. 10: 1-11.
- Bez, M. R.;Vicari, Rosa Maria; Flores, C. D. (2012) Métodos ativos de aprendizagem: simulador de casos clínicos. *Revista de Tecnologias e Mídias na Educação*. 2:146-166.
- Botezatu, M., Hult, H., Tessma, M., Fors, U, (2010). Virtual Patient Simulation: knowledge gain or knowledge loss? *Med Teach*. 32(7):562–8. DOI: 10.3109/01421590903514630.
- Chow, M., Chan, L., (2010). Development and evaluation of a compartmental picture archiving and communications system model for integration and visualization of multidisciplinary biomedical data to facilitate student learning in an integrative health clinic. *Comput Educ*. 54(3),733–741. DOI: 10.1016/j.compedu.2009.08.022.
- Chua, B.B., Dyson, L.E., (2004). Applying the ISO9126 model to the evaluation of an e-learning system. In: Atkinson, R., McBeath, C., Jonas-Dwyer, D., Phillips, R. (Eds.), *Beyond the comfort zone: Proceedings of the 21st ASCILITE Conference*. pp. 184–190). <http://www.ascilite.org.au/conferences/perth04/procs/chua.html>.
- Curran, V. R., Fleet, L, (2005). A review of evaluation outcomes of web-based continuing medical education. *Med Educ*. 39(6), 561–567. DOI: 10.1111/j.1365-2929.2005.02173.x
- Fieschi, M.; Soula, G.; Giorgi, R.; Gouvernet, J.; Fieschi, D.; Botti, G.; Volot, F and Berland, V. (2002). Experimenting with new paradigms for medical education and the emergence of a distance learning degree using the internet: teaching evidence-based medicine. *Med Inform Internet Med*. 27(1), 1–11. DOI: 10.1080/14639230110105301.
- Flores, Cecília D. *Negociação Pedagógica Aplicada a um Ambiente Multiagente de Aprendizagem Colaborativa*. (2005). (Tese) – Instituto de Informática, PPGC / UFRGS, Porto Alegre.
- Flores, C. D., Bez, M. R., Bruno, R. (2011). O uso de simuladores no ensino de medicina. *ESUD 2011-VIII Congresso Brasileiro de Ensino Superior a Distância*..
- Freitas S., Oliver, M.,( 2006). How can exploratory learning with games and simulations within the curriculum be most effectively evaluated? *Comput Educ*. 46(3), 249–264. DOI: 10.1016/j.compedu.2005.11.007.
- Hainey, T., Connolly, T. M., Stansfield, M., Elizabeth. A, (2011). Evaluation of a game to teach requirements collection and analysis in software engineering at tertiary education level, *Comput Educ*. 56(1), 21–35. DOI: 10.1016/j.compedu.2010.09.008.
- Higgs, J., Jones M, Loftus S, Christensen, N. (2008). *Clinical Reasoning in the Health Professions - 3º Ed.*2000:223–234

- Higgs, J., Jones M, Loftus S, Christensen, N.(2008) *Clinical Reasoning in the Health Professions - 3<sup>o</sup> Ed.* ,2000:99–100
- 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. *Comput Educ.* 52(2), 292–301. DOI: 10.1016/j.compedu.2008.08.008.
- Jha, V., Duffy, S., (2002). 'Ten golden rules' for designing software in medical education: results from a formative evaluation of DIALOG. *Med Teach.* 24(4), 417–421. DOI: 10.1080/01421590220145798.
- Kathleen, R. R., (2008). The history of medical simulation. *J Crit Care.* 23(2). 157–166. DOI: 10.1016/j.jcrc.2007.12.004.
- Kincaid, J. P., Hamilton, R.,(2004). *Modeling and Simulation: Theory and Applications.* Kluwer, Boston.
- Kneebone, R., (2005). Evaluating clinical simulations for learning procedural skills: a theory-based approach. *Acad Med.* 80(6). 549–553.
- Leung, W. C., (2002). Competency based medical training: review. *BMJ.* 325(7366). 693-696.
- Masiello, I.; Ramberg, R.; Lonka, K., (2005). Attitudes to the application of a Web-based learning system in a microbiology course. *Comput Educ.* 45(2)., 171–185. DOI 10.1016/j.compedu.2004.07.001.
- Mitchell, A., Savill-Smith, C., (2004). *The use of computer and video games for learning: A review of literature.* Learning and Skills Development Agency, London.
- NBR ISO/IEC 9126-1, (2003). Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *Engenharia de software: qualidade de produto: parte 1: modelo de qualidade.* ABNT, Rio de Janeiro.
- Nielsen, J., (1994). Usability inspection methods. In: *Proceedings CHI '94 Conference Companion on Human Factors in Computing Systems.* ACM, New York. pp. 413–414. DOI: 10.1145/259963.260531
- Papastergiou, M., (2009). Digital Game-Based Learning in high school Computer Science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Comput Educ.* 52(1). 1–12. DOI: 10.1016/j.compedu.2008.06.004.
- Piaget, J. (1976) *A equilibração das estruturas cognitivas: problema geral do desenvolvimento.* Rio de Janeiro: Zahar.
- Prince, M., 2004. Does active learning work? A review of the research. *J. Eng. Edu.* (Wash. D.C.). 93. pp.223–232. DOI: 10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x.
- Ruiz, J. G., Mintzer, M.J., Issenberg, S. B., (2006). Learning objects in medical education. *Med Teach.* 28(7). 599–605. DOI: 10.1080/01421590601039893.
- Ruten, N., Joolingen, W. R., Veen, J. T., (2011). The learning effects of computer simulations in Science education. *Comput Educ.* 58(1). 136–153. DOI: 10.1016/j.compedu.2011.07.017.

- Sebastiani, R. L.(2012). Ferramenta de ensino-aprendizagem baseada na análise de exames médicos por imagem. (Dissertação de Mestrado). UFCSPA - Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre.
- Smith, M., Higgs, J., Ellis, E., (2008). Factors influencing clinical decision making. In: J. Higgs, M. Jones, S. Loftus, N. Christensen (Eds.) *Clinical Reasoning in the Health Professions.*, Butterworth-Heinemann, New York. pp. 89–100.
- Squires, D., Preece, J., (1996). Usability and learning: evaluating the potential of educational software, *Comput Educ.* 27(1). 15–22. DOI: 10.1016/0360-1315(96)00010-3.
- Swanwick, T., (2010). *Understanding Medical Education: Evidence, Theory and Practice.* Wiley-Blackwell. pp.164–180. DOI: 10.1002/9781444320282.
- Wang, Y. S., Wang, H. Y., Shee, D. Y., (2007). Measuring e-learning systems success in an organizational context: Scale development and validation. *Comput Human Behav.* 23(1) 1792–1808. DOI: 10.1016/j.chb.2005.10.006.
- Wang, Y. S.; Wang, H. Y.; Shee, D. Y. (2007). Measuring e-learning systems success in an organizational context: Scale development and validation. *Computers in Human Behavior*, 23(1), 1792–1808.
- Ward, J. P., Gordon, J., Field, M. J., Lehmann, H.P., (2001). Communication and information technology in medical education. *Lancet.* 357(9258). pp. 792–796. DOI: 10.1016/S0140-6736(00)04173-8.
- Zhang, C., Lesser, V., (2013). Coordinating Multi-Agent Reinforcement Learning with Limited Communication. In: *Proceedings of AAMAS'13, International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems.*, IFAAMAS. pp. 1101-1108.
- Ziv, A., Ben-david, S., Ziv, M., (2005). Simulation Based Medical Education: an opportunity to learn from errors. *Med Teach.* 27(3). 193–199. DOI: 10.1080/01421590500126718.

**ARTIGO A SER PUBLICADO**

Avaliando produto de software de educação em saúde segundo padrões de qualidade: o caso SimDeCS

## Evaluating software in medical education according to quality standards: the case of SimDeCS

Paulo Ricardo Muniz Barros – [pbarros1979@gmail.com](mailto:pbarros1979@gmail.com), Cecilia Dias Flores - [dflores@ufcspa.edu.br](mailto:dflores@ufcspa.edu.br), Silvio César Cazella – [silvio.cazella@gmail.com](mailto:silvio.cazella@gmail.com)

Graduate Program in Health Sciences - Federal University of Health Sciences of Porto Alegre - Porto Alegre, RS, Brazil

**Abstract.** *With the strong growth and evolution in systems for medical education, there is an increasing concern with the quality of available software products. This article describes a methodology for evaluating software based on the NBR ISO / IEC 9126 standards and the 10 golden rules for software in medical education. To validate this method, we considered as a case study the SimDeCS system.*

**Keywords:** *Software Evaluation; Quality Software; Medical education*

### 1. Introduction

Knowledge is definitely not static in any field. As in other fields, medicine knowledge is continuously evolving. Consequently, the process of teaching and learning is not restricted to the traditional classroom (Wang et al., 2007), and it is not surprising that technological developments have been introduced into medical education (Ward et al., 2001; Ruiz et al., 2006). The organization of curricula based on competency in medical education requires a disciplined effort to produced curricula using established educational principles, where the learning objectives, the evaluation instruments and the content of the learning material are clearly aligned (Leung, 2002).

One of the teaching methods that has stood out by its use and receptivity in higher education are the virtual learning environments (Ozkan and Koseler, 2009). Among the available tools for this teaching method are the virtual simulators (Huang et al., 2007), which have as their main aim the support of learning, by creating a safe environment for the improvement of learning. An environment that we can ask questions about “what would happen if ...” in the context of a real environment and actual events (Gelenbe et al., 2005).

Although there is a strong tendency for using simulators and *Serious Game* in education and learning (Papastergiou, 2009; Masiello et al. 2005), the lack of a useful evaluation structure, of other research, constitutes a significant limitation to the use of simulations and *Serious Game* in education (Freitas, 2004).

Education simulators with a rich and attractive interface and with excellent usability can be limited regarding education. A friendly interface does not imply that there is an adequate educational format. And, conversely, an adequate educational format does not

imply good usability. There is a strict and essential relation between usability and learning potential that need be observed, guaranteeing the adequate design of educational software (Squires and Preece, 1996).

The objective of this article is to present an evaluation method for medical education software based on the NBR ISO/IEC 9126 (NBR ISO/IEC 9126-1, 2003) standards and the ten golden rules in medical education software (Jha and Duffy, 2002). To validate this method we used the SimDeCS system (Simulador Inteligente para a Tomada de Decisão em Cuidados de Saúde; Intelligent Simulator for Decision Making in Health Care) (Flores et al., 2013) as a case study. This article is organized in the following manner: section 2 presents the theoretical framework about simulators, their educational potential, the process of evaluation, related work and evaluation instruments; section 3 presents the proposed method of evaluation; in section 4 describes the simulator used as a case study; section 5 describes the materials and methodology of application of our method; section 6 presents the results and limitations encountered; and section 7 presents final considerations.

## **2. Educational Simulators**

There has been an increasing interest in educational simulators by virtue of their possible educational potential (Mitchell and Savill-Smith, 2004). In general, a simulator should be composed by the main components of a real scenario and allow the control of the environment with a richness of details approximating the real environment being simulated. In the field of health, they are tools that allow educators to maintain the total control over the clinical environment, and the discomfort and potential risks for a real patient (Ziv, 2005).

According to Kincaid (2004), the simulation can bring advantages to medical education, such as, for example: (1) help the student to understand complex relationships that would otherwise demand expensive and dangerous equipment; (2) allow the application of scientific and technical knowledge in an integrated and simultaneous fashion; (3) allow the student to search new methods and strategies for the resolutions of problems proposed by the simulator.

According to Holzinger et al. (2009), the advantage of learning with interactive simulators lies in the constructivist nature offered by the exploratory learning process. Students of complex systems can, for example, modify the initial variables and thus understand the changes provoked in the environment, with direct feedback. In this way they can understand the consequences of their actions, modify the parameters once again, revise their actions and, consequently, build their knowledge dynamically and interactively.

Masiello, Ramberg and Lonka (2005) alert that the disadvantage of using a web based educational system are, largely, of a technical nature, such as the design of the system's interface and the training that should be provided to all users. Holzinger et al. (2009) call attention to the fact that with technological evolution there is an increasing

diversity of available audiovisual elements and that therefore the complexity of projects and their decisions are greater, generating concerns among specialists regarding the behaviour of end-users, and leading to the development of tools user-centred.

According to Kathleen (2008) and Ruten et al. (2011), many studies have sought to prove and demonstrate the benefits of using simulations in teaching and learning. They refer that attempts to produce data on the validity and reliability of the benefits of their use have been partially well succeeded, and therefore support their use. Kathleen (2008), however, refers that their use is still a slow and tardy process, despite the extent of favourable evidence.

## 2.1 Quality of Educational Simulators

Before an educational software can be declared ready for use it is important to know whether it adequately supports the intended users. There is evidence of its educational potential; to what extent the tool includes the desired and needed functionalities for the educational process, as well as to verify its robustness in implementation and, even, interface aspects and usability.

Usability deals with the whole user–system interaction, not just the user interface. Interaction is a wider concept. Interaction is the coordination of information exchange between the user and the system (Juristo et al., 2007). Usability guidelines and heuristics for virtual environments are rare, tasks in virtual environments are not well understood, and methods for usability evaluation based on user observation in a lab setting often cannot be applied in the innovative physically interactive settings of virtual environments. (Rex, 1998).

From the educational viewpoint it is not sufficient to have an attractive and user-friendly interface with sophisticated resources. These facts do not imply that the software was adequately planned from the educational viewpoint. There is an essential relationship between these aspects that should be ensured to guarantee the good design of an educational software (Squires and Preece, 1996).

An educational simulator should include the necessary support for the accompaniment of the learning process and the mechanisms of accompaniment and evaluation. According to Swanick (2010), the process of evaluation is vital for the development of the curriculum, and can also be used to guarantee that the offered education responds to the needs of the students, identifying aspects and contents where the student can act to improve the results of the education process.

Fieschi et al. (2002) state that technology in itself cannot guarantee the learning process, which is complex and needs the acceptance on the part of the educator, student, the institution and its administration. The lack of a useful structure for the evaluation and

qualification of tools, of other evidence-based research, are considered by Freitas (2006) as a significant limitation to the adoption of simulators and educational games.

Curran & Fleet (2005) add that evaluation studies are essential to identify the technologies and formats that are more efficient in facilitating learning and stimulating change and improvement in practices. These aspects should be used to support better choices and even act in the process of improvement and updating of teaching and learning tools (Jha and Duffy, 2002; Kneebone, 2005).

It is therefore necessary that software evaluation encompass diverse aspects of quality and go beyond technical aspects, also reflecting upon aspects of the learning process such as transference and retention of knowledge (Botezatu et al., 2010); that it be centred on the needs of the user; and that it be performed holistically<sup>1</sup> by specialists, with a focus on the essential requisites of the educational process.

### 2.1.1 Related Work

A literature review revealed that there has been, for some time, a concern with the quality of educational software products, which is however not very specific, particularly regarding health sciences.

A study conducted in 2004 with 120 students, using a web-based Learning Management System (Blackboard) aimed to provide elements for the development of fully online courses (Chua & Dyson, 2004). During a semester, a qualitative evaluation based on ISO 9126 was performed on aspects of functionality, reliability and usability. In this study the authors clarified the weak and strong points of the educational system, and suggested their methodology as a form of basic qualification for decision-making in the choice of long-distance educational tools.

Chow and Chan (2010) presented a study evaluating the usability of the Picture Archiving and Communication System (PACS), based on the Collection Support/Questionnaire Unit (CSQU). This served as an important resource in the identification of user characteristics and problems, thus guaranteeing better user adaptation and acceptance.

Hainey et al. (2001) presented a differentiated study to evaluate a system with an approach from a pedagogical point of view. The object evaluated was a game aimed to serve as a support tool in higher education. The evaluation brought evidence of its real education potential.

Jha and Duffy (2002) presented a study about formative evaluation having as results the proposed ten golden rules, which are considered the best evaluation profile for systems supporting medical education. It is important to highlight that this study, as well as Chua

---

<sup>1</sup> A holistic vision is equivalent to having a "single image", a synthesis of all the elements that constitute the evaluation of the system.

and Dyson (2004), served as the basis for the development of the evaluation method presented in the present article.

The resources of related works are summarized in Table 1, after which we present the basis for the development of the hybrid method proposed in this article.

**Table 1 – Resources of related works**

Author	Characteristics	Aspects evaluated	Results
Chua & Dyson (2004)	Quantitative evaluation based on ISO 9126	Technical functionality, reliability and usability, focus on the student.	Clarify weak and strong points of the educational system, suggesting a methodology presented as a form of basic qualification in the choice of tools in distance learning
Chow and Chan (2010)	Quantitative evaluation of usability based on the CSQU	Technical usability	Identification of characteristics and problems from the system user's perspective, guaranteeing a better user adaptation and acceptance.
Hainey et al.(2011)	Qualitative system evaluation from a pedagogical perspective	Pedagogical, focus on the student	Find evidence of real educational potential.
Jha and Duffy (2002)	Training evaluation, considering the best evaluation profile for systems supporting medical education	Pedagogical, focus on the system of support of medical education from the specialist's perspective	Proposed ten golden rules for systems supporting medical education

### 2.1.2 The ten golden rules for education software

Jha and Duffy (2002) developed a training evaluation and, as a result, suggested ten golden rules for the best evaluation profile for systems supporting medical education, with the intent of correcting the main faults in evaluation processes and creating a systematic evaluation of universal usage.

A questionnaire was elaborated as a basis, using a combination of commonly used evaluation models, generating a pilot evaluation to determine the items that needed to be used in the evaluation of educational software. The final validated questionnaire contains 51 items in eight categories: (1) general information; (2) content; (3) design; (4) presentation; (5) interaction; (6) use of multi-media; (7) results; and (8) general impression. Each category was based on the items selected by the pilot group. There was a combination of questions quantified separately using a Likert scale, with the support of an open answer field.

This questionnaire was sent to 150 users selected by chance from a list. The qualitative data obtained with the evaluation generated a result with the 10 most common

items (Table 2), identified by the majority of interviewees as the most important and encompassing for the design of software in medical education. These items were suggested as the ten universally applicable golden rules.

**Table 2 – 10 Golden rules**

<b>Rule 1</b>	Content should be suitable for the educational purpose, of good standard and relevant to clinical practice
<b>Rule 2</b>	Content should be evidence-based, not opinion-based
<b>Rule 3</b>	Use of hypermedia and hypertext to promote knowledge
<b>Rule 4</b>	Ensure that the presentation is interesting, enjoyable and challenging
<b>Rule 5</b>	Use of appropriate multimedia
<b>Rule 6</b>	Use of a problem-based setting
<b>Rule 7</b>	Content and tasks must stimulate analytic and problem-solving skills
<b>Rule 8</b>	Product must be user-friendly, with easy navigation
<b>Rule 9</b>	Must provide suitable impetus for use
<b>Rule 10</b>	Must keep cost low and maintain strict production schedules

Source: Jha and Duffy (2002)

### 2.1.3 ISO/IEC 9126

The ISO 9126 was originally proposed in 1991 with the aim of providing a useful structure, a basic model for quality of software products. It was transformed into an international reference for software quality evaluation, serving as an instrument to frame software development and the process of continuous improvement.

The ISO/IEC 9126 family of norms proposes a model of external and internal quality, wherein the quality attributes are characterized into six basic characteristics, in turn divided into sub-characteristics. These characteristics define a general framework for the evaluation process; they are adaptable and can be used as a basis to evaluate the majority of systems, including e-learning systems (Chua and Dyson, 2004).

Table 3 presents the structure of ISO 9126 quality model and its respective sub-characteristics.

**Table 3- Characteristics of the ISO/IEC 9126**

<b>Characteristic</b>	<b>Sub-characteristic</b>
Functionality	Adequacy Accuracy Interoperability Security
Reliability	Maturity Tolerance to failures
Usability	Recoverability Intelligibility Apprehensiveness

	Operability Attractiveness
Efficiency	Behaviour related to time Use of resources
Manageability  Portability	Analyzability Modifiability Stability Testability Adaptability Capacity to be installed Coexistence Capacity to Replace

Source: NBR ISO/IEC 9126-1

These characteristics and sub-characteristics aim to encompass all the aspects of quality enabling the specification and evaluation of any requisite of a software's quality.

### 3. Evaluation tools

Two evaluation tools were elaborated for this work, both instruments with a focus on the evaluation of educational software in the field of health:

1) evaluation instrument focused on the user (student), based on the ISO/IEC 9126 and an educational perspective;

2) instrument to obtain the perspective of a specialist in the field, based on the golden rules.

The instrument used to evaluate software from the user's perspective is focused on 6 dimensions, encompassing all the aspects of quality, the methodology employed, functionality, reliability, usability, efficiency and learning. Table 4 presents the questionnaire, separating the questions according to the domains being evaluated.

**Table 4 – Instruments of Evaluation.**

<b>METHODOLOGY</b>
Does the Simulator favour thought in an evidence-based diagnosis?
Does the Simulator easily indicate treatment following the evidence and diagnoses?
Are the available resources sufficient for the study of a clinical case?
Does presenting feedback and allowing the student to return to a question and correct it facilitate learning?
In the end, the Simulator offers student the opportunity to review the process of resolving the clinical case. Does this permit better understanding and learning of the content?
<b>FUNCTIONALITY</b>
Is the initial and sequential description of the Simulator clear and objective, leading the player to understand what must be done?

<p>Does the software possess functions that allow the adequate execution of the simulator?  Does the Simulator have complete and reliable information?  Are the partial and final results of the Simulator precise?  Can the Simulator be accessed via the internet?  Does the Simulator follow the ethical and moral principles of medicine?  Does the access to the Simulator have security, using passwords and different profiles?</p> <p style="text-align: center;"><b>RELIABILITY</b></p>
<p>Does the Simulator frequently present errors?  Does the Simulator give clear information when errors occur?  Does the Simulator inform the user of invalid data entry?  Is the Simulator capable of data recovery in case of failure?</p> <p style="text-align: center;"><b>USABILITY</b></p>
<p>Does the Simulator interface facilitate its intuitive use?  Are the Simulator functions easy to execute?  Is using the Simulator easy to learn?  Is the Simulator easy to operate and control?  Is the help content presented during the execution of the Simulator clear?</p> <p style="text-align: center;"><b>EFFICIENCY</b></p>
<p>Is the response time in the interactions with the Simulator adequate?  Is the execution time in each case adequate\)?</p> <p style="text-align: center;"><b>LEARNING</b></p> <p>Does the Simulator allow the user to retain knowledge?  Is the Simulator a motivational learning tool?  Is the feedback of the Simulator to the student adequate?  Does the Simulator allow greater participation of the student, interfering in the pedagogical interaction between teacher-student?  Does the Simulator hinder autonomous studying?  Can the Simulator be used as an effective resource in medical education?</p>

Ten questions were elaborated (Table 5) for the evaluation instrument with a focus on the specialist's perspective, which contemplate the golden rules for evaluation suggested by Jha and Duffy (2002). Their main objective is to recover from the specialist a strong evaluation of the potential and deficiencies of the system being judged, based on their experience and familiarity with the domain in question.

**Table 5 – Instrument for Specialist Evaluation.**

Question	Domain Specialist Evaluation
1	Is the Simulator content adequate for education?
2	Is the Simulator content based on evidence and not on opinions?
3	Does the Simulator permit the use of hypermedia and hypertext to promote knowledge?
4	Does the Simulator possess an interesting, pleasant and challenging interface?
5	Is the Simulator's use of multimedia appropriate?
6	Does the Simulator allow students to explore and experiment interactively the possibilities of resolution of clinical cases?
7	Does the Simulator present the content in a manner that stimulates the use of analytical and clinical abilities for problem resolution?

8	Is the Simulator user-friendly, and its navigation appropriate?
9	Can the Simulator be defined as an appropriate tool, given the benefits provided?
10	Can the Simulator be defined as a low maintenance tool, providing easy maintenance of presented cases and allowing fast updating of cases?

An open field was provided for each dimension evaluated, wherein the evaluator could leave comments and suggestions. The questions used a Likert scale with five levels, divided into the corresponding levels of user satisfaction with the analysed item, with the following levels: 1 – Strongly Disagree; 2 – Disagree; 3 – Indifferent; 4 – Agree; 5 – Strongly Agree.

#### 4. Case study

The research strategy used for this study was the case study. According to Yin (1994), this method should be employed when the research aims to answer “how” and “why” type questions, has an exploratory character, and there is a desire to understand complex social phenomena.

The case study does not demand control over behavioural events, focuses on contemporary events and uses multiple sources of evidence. The case study method departs from pre-established theoretical propositions that orient the data collection and their treatment, thus offering research a holistic vision focused on characteristics of the real environment.

The research used as case study a medical educational software: the SimDeCS system (Simulador Inteligente para a Tomada de Decisão em Cuidados de Saúde; Intelligent Simulator for Decision Making in Health Care). This is conducted by a research group in the Federal University of Health Sciences of Porto Alegre (UFCSPA<sup>2</sup>), which has as its main project partner the Brazilian government, under the PRO-MEDICAL EDUCATION project (PRÓ-ENSINO NA SAÚDE<sup>3</sup>), demonstrating its relevance as an innovative study in Medical education.

SimDeCS was chosen opportunistically as this study is an integral part of the work developed by the UFCSPA research group, aimed at finding evidence that demonstrates the adequate application of teaching-learning tools in medicine, becoming a real and effective artefact in the teaching of medicine. It wants to fill, in an efficient and productive manner, the gap between theory and practice in the qualification of doctors (Flores et al., 2013).

SimDeCS is a clinical case simulator, focused on primary care, that follows the precepts of Evidence-based Medicine. Its structure permits the total interaction of the

<sup>2</sup> <http://www.ufcspa.edu.br>

<sup>3</sup> Project number 39, of UFCSPA, approved of the public call 024/2010

student with the environment, through exploratory learning, by virtue of the student's liberty to choose different paths, experimenting different situations without harm. Students receive feedback of their choices in real time, allowing the teacher to have total control over the path chosen by the student. Its structure is presented in Figure 1, and its stages will now be specified.

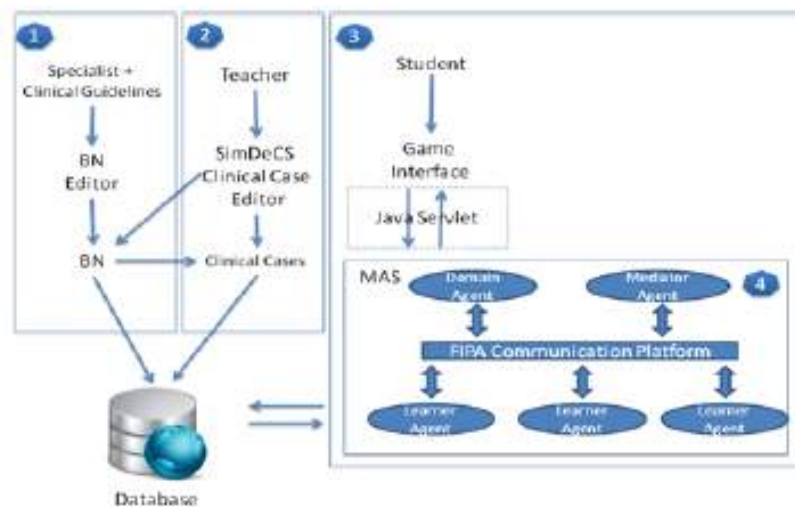


Figure 1 – Stages of construction of SIMDECS simulation (Bez et al., 2012)

The first modelling stage consists in delimiting the knowledge represented by the specialist, using a clinical directive, a systematic form of orientation and content delimitation to be developed based on evidence. From then on, a statistical model of knowledge representation, using a Bayesian Network, is developed. This is one of the recognized approaches to decision making in medicine (Smith et al, 2008). This network is used as a knowledge base for subsequent construction of the clinical case. Initially the different possible variables are enumerated, such as diagnoses and symptoms, and afterwards their interdependent probabilities, as shown in the example in Figure 2.



Figura 2 – Bayesian Network for Cephalgia.

In stage 2 of the process, the clinical case is elaborated. In this stage the teacher has access to the signs and symptoms presented (Sinais e Sintomas apresentados) (Figure 3), present in the network defined in the previous stage. In this stage, he can also select possible patient histories (Histórico), as well as physical exams (Exames Físicos) and complementary exams (Exames Complementares). In accordance with the selection, the system presents the table below (Figure 3), indicating the diagnoses and treatments (Diagnósticos e Condutas), according to the probabilities propagated in the network, facilitating the process and elaboration of each clinical case.

Gerenciador de Casos

Relato Inicial do Paciente

---

Sinais e Sintomas apresentados

Comida excessiva  
Voz rouca  
Tonturas  
Distúrbio visual  
Rigidez de nuca  
Alheio sem espasmo

Histórico

Histórico familiar de ansiedade

Exames Físicos

Exames Complementares

---

Diagnósticos		Condutas	
Sinusite	95.0%	Analgesia	90.0%
Cefaleia tensional	90.0%	Antiespasmódico	85.0%
Distúrbio da articulação temporomandibular	50.0%	Encaminhar ao especialista	45.0%
Enxaqueca	40.0%	Investigação por imagem	1.0%
Cefaleia em salvas	1.0%	Psiquiatria	1.0%

Relato... Cancelar

Figure 3. Constructing the clinical case (Case Construction)

In stage 3 the learning agent interacts with the students through the simulated environment interface. In this stage the process that the students will formulate the medical diagnosis. The system separates this process in phases, designated as: Research (Investigação), Diagnosis (Diagnóstico) and Treatment (Conduta). The Research Process (Figure 4) is separated into groups: medical history (Anamnese), physical examination (Exame físico), and requesting (or not) complementary exams (Exame complementar).



Figure 4 – Research Stage

A second moment, denominated as hypothetical diagnosis formulation, the student selects the diagnosis based on research and, as a consequence, in the last phase, elaborates the treatment, which can include the prescription of a certain medication, referral to a specialist or request for new exams. These phases are duly separated in the system and follow their logical order, maintaining the current precepts concerning formulation of a diagnosis.

Stage 4 is composed by a multi-agent environment (Zhang and Lesser, 2013) (Kuo, 2013), takes place in the background and in parallel with stage 3, wherein all the decisions made by the student are passed onto the environment through the learning agent. This stage is also composed by two additional agents that interact with the environment; the Mediator agent (Figure 5) who mediating the interactions of the student by observing their actions and triggering pedagogical strategies if necessary; and the Domain agent, representing the specialist's knowledge base.



Figure 5 – Intervention of the Simulator (Mediator agent)

The Mediator agent has the role of mediating the interaction between the student (Student agent) and the professor's knowledge (Domain agent) in each stage, having the function of inducing the student to review decision whenever necessary, mediating decisions, forcing the student to review actions and thus find the correct path for the solution of the clinical case.

Based on the information collected during the simulation, the student is presented with a summary containing a map of the path followed as a function of each choice made in the process. Regarding evaluation, the simulator presents elements that are broader than merely returning the simulation result to the professor. It performs actively in the teaching process, presenting the path followed according to the interventions. The return is not only registered but also presented in Log format, subsequently accessible, allowing the complete detailing of the learning process.

## 5. Material and Methods

The evaluation process was composed of two instruments. The instrument focused on the student perspective had a convenience sample, composed of professors, doctors and medical students from two distinct workshops. One took place during COBEM (Congresso Brasileiro de Educação Médica; Brazilian Congress of Medical Education) and the other at UFCSPA. A participative approach was used, wherein a quantitative and qualitative evaluation, based on a validated model, was used.

The mechanics of the workshop evaluation used the following format: an initial presentation of the simulator, with the aid of audio-visual resources, presenting the main points and functionalities of the tool, highlighting each stage of the simulator (research,

diagnosis, and treatment); after which individual passwords were distributed, whereby each participant could use the system and simulate multiple times.

During this period, two students were available to aid in the use of the simulator and answer any questions. After a certain period of use, the individual evaluation form was presented, filled out and submitted electronically.

The evaluation instrument focused on the domain specialist used potential specialists and professors that participated in the workshops at UFCSPA and COBEM. They received an e-mail invitation containing instructions on how to use the virtual questionnaire and a link to access the simulator. The questionnaire was available for two weeks, including an available tutor to help with the use of the simulator. After the data collection, data was compiled and analysed.

## 6. Results

Based on the data collection with the two instruments presented, the results were separated into two distinct groups: the first presents the results of the evaluation focused on the student, and the second the evaluation of the domain instruments, based on the second instrument.

### 6.1 Results of the Application of Instrument 1

The profile of the sample using the evaluation instrument 1 is presented in Figure 6. A large part of the sample is composed of doctors and professors in Medicine. All indicated having knowledge of computers and familiarity with software such as word processors, spread sheets, presentation programs and the internet.

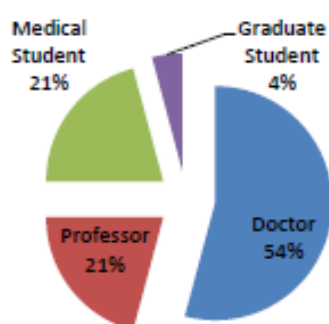


Figure 6. Profile of the participants in instrument 1

For a better analysis and presentation of the data, the Strongly Agree and Agree categories were merged into a single group, as well as the Strongly Disagree and Disagree categories, creating three categories. This allows for a better visualization of satisfaction and dissatisfaction regarding the evaluated functionality. It should be highlighted that the total number of respondents is 17, and that the results of each dimension are composed by more than one question. Table 1 presents the general result of the answers after category merging.

Table 1- Sample Results

	Agree	Indifferent	Disagree
Methodology	112 (93%)	6 (5%)	2 (2%)
Functionality	140 (83%)	21 (13%)	7 (4%)
Reliability	43 (45%)	39 (41%)	14 (15%)
Usability	100 (83%)	5 (4%)	15 (13%)
Efficiency	42 (88%)	1 (2%)	5 (10%)
Learning	127(88%)	10 (7%)	7 (5%)

As shown in Figure 7 the concordance indices in the evaluated dimensions were considerably high, with the exception of the reliability dimension. This can be justified, in the majority of evaluation, by the absence of failures and lack of conditions to evaluate this dimension, thereby generating a high index of indifference.

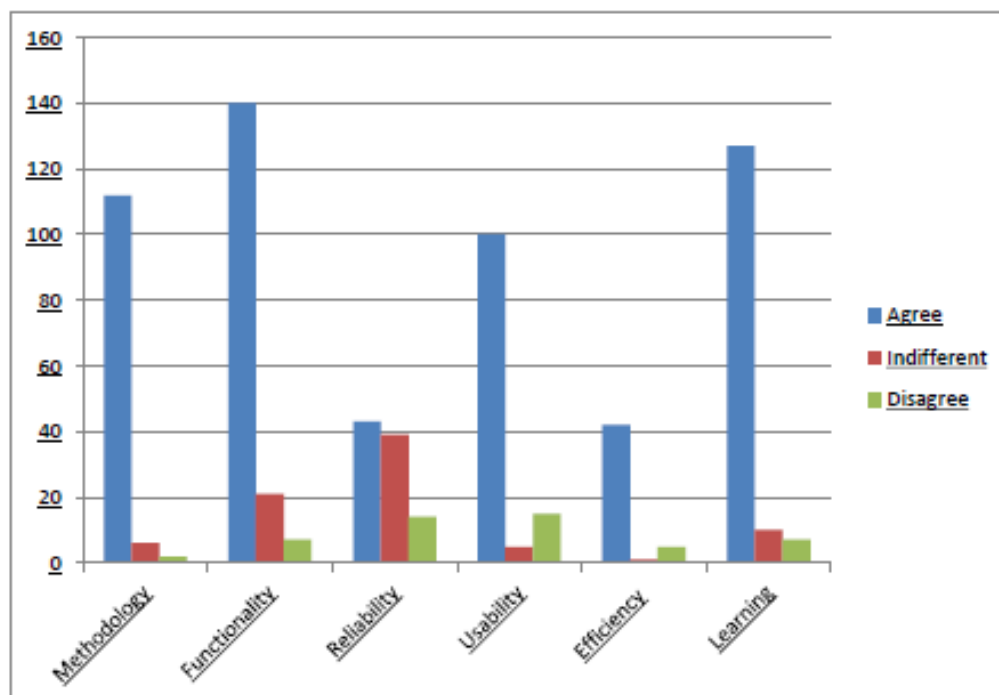


Figure 7. Results Graph

The dimension **methodology** of the questionnaire aims to evaluate important issues regarding clinical methodology used by the simulator, namely how much it manages to represent, without loss, traditional clinical practice, wherein several factors influence decision making (Schwartz, and Elstein, 2008). A concordance index of 93% leads us to conclude the methodology employed in the simulator is adequate.

Regarding the **functionality** dimension, the concordance index was 83%. The questionnaire sought to discover needs and functions that allow the adequate execution of the simulated environment. The simulator is expected to allow educators to have full control of the clinical environment, accurately representing the real environment (Ziv, 2005).

The results of the **reliability** dimension were not satisfactory, as they fell short of 41%. This can, however, be justified in many cases by the absence of failures during execution. The aim was to elucidate issues that could demotivate the use of the tool due to inconstancy or failures during the simulation process.

The **usability** dimension sought to measure the capacity of the simulator being understood, learned and operated, and how attractive it is to eyes of the user (Chua and Dyson, 2004). A concordance index of 83% indicates the simulator has an interface structure that is well accepted by the users. In contrast, among the discordances, 13% mentioned the unsophisticated graphs, compared with current commercial games, as this can demotivate a public accustomed to more elaborate graphical resources.

In the item **efficiency** the results were satisfactory, as the concordance index was 88%. This aspect of the questionnaire sought to evaluate the response time and execution time of the case, as delay of response can demotivate the user.

The **learning** dimension aimed to evaluate the capacity of the simulator regarding learning, knowledge retention (Botezatu et al., 2010), feedback, autonomous learning (Swanwick, 2010) and active learning resources (Price, 2004). This aspect had a concordance index of 88%, indicating a satisfactory result. In contrast, among the 5% discordances, questions were raised regarding the statistical justification and the comfort with traditional methods, leading to the understanding that given the largeness of this dimension, this dimension should be treated in greater depth.

The main limitation of the process presented was the low number of elements in the sample, hindering statistical analysis and a possible comparison with similar tools.

## 6.2 Results of the Application of Instrument 2

The profile of the sample submitted to the evaluation instrument focused on the specialist is presented in Table 2. For this instrument, we worked with a population of 7

specialists, abiding by the Nielsen indication (Nielsen, 1994) that specifies a minimum of 5 specialists for a consistent evaluation.

All specialists indicated they were knowledgeable with computers and had familiarity with software such as word processors, spread sheets, presentation programs and the internet.

Table 2 – Specialist Profile

Activity	Specialist Profile
Medical Doctor	3
Professor	3
Post-graduate Medical Student	1

The following table presents the results of the application of the ten questions (Table 3). It exposes the high level of concordance with the issues raised. As with the questionnaire presented in instrument 1, an open field was reserved for specialist feedback.

Table 3- Results of the Specialist Evaluation

N°	Domain Specialist Evaluation	A	I	D
1	Is the Simulator content adequate for education?	7		
2	Is the Simulator content based on evidence and not on opinions?	7		
3	Does the Simulator permit the use of hypermedia and hypertext to promote knowledge?	4	2	1
4	Does the Simulator possess and interesting, pleasant and challenging interface?	7		
5	Is the Simulator's use of multimedia appropriate?	5	2	
6	Does the Simulator allow students to explore and experiment interactively the possibilities of resolution of clinical cases?	6	1	
7	Does the Simulator present the content in manner that stimulates the use of analytical and clinical abilities for problem resolution?	6	1	
8	Is the Simulator user-friendly, and its navigation appropriate?	7		
9	Can the Simulator be defined as an appropriate tool for use, given the benefits provided?	7		
10	Can the Simulator be defined as a low maintenance tool, providing the easy maintenance of presented cases, and allowing fast updating of cases?	5	2	

Legend: Agree (A), Indifferent (I) and Disagree (D)

All the specialists define the simulator as an evidence-based tool, adequate for education and adequate for use. These criteria are important for educational software in medical education (Jha and Duffy, 2002).

Another question that also obtained good acceptance regarded aspects of the interface, usability and attractiveness, this being a fundamental point for good software

acceptance (Chua and Dyson, 2004). The result also highlights a high concordance regarding exploratory benefits and the constructivist nature provided by the simulator (Hozinger et al., 2009).

The use of multimedia resources had low acceptance. However this may be due to the construction of the case, which did not use this resource.

## **7. Final Considerations**

Despite the recent demand for technological tools to support education there is still a strong need for specific instruments for their evaluation, which constitutes a significant hindrance in the definition and choice of adequate tools for the support of teaching and learning.

The study presented herein aims to contribute, with subsidiary goal post, to the process of selection and continuous improvement of educational simulators in medical education, be it as an auxiliary element in the complex process of selection of an environment, be it in the support of possible needs of adaptation and customization. It has as its objective the improvement of the teaching process and, thus, environments that contribute significantly towards academic education in medicine.

The research instruments presented were shown to be valid and viable, as they allowed for analyses and evaluations of the structure as a software product according to several technical and pedagogical aspects, elucidating the main strong and weak points of the tool used as a study case.

Given the presented results it is possible to consider that the software satisfactorily reached its objective, presenting strong indications of having a usable interface with an adequate design for educational software, leading to the conclusion that it was appropriately designed to encompass the educational precepts with a focus on medical education.

When confronted with the results of the two instruments we ascertained the coherence of the results, as they converge with impressions of the student and specialist evaluators.

The methodological questions had an acceptance of 93% in instrument 1, and this is reinforced in the specialist questionnaire by results of questions 1 and 2, where acceptance reached 100%. The aspects of usability obtained an acceptance in instrument 1 of 83%, which was reinforced by questions 4 and 8 in instrument 2, with an acceptance of 100%. Regarding learning there was an acceptance of 88%, reinforced by the responses to the corresponding questions in the specialist questionnaire with 88% acceptance in numbers 6 and 7, and 100% in number nine.

It is important to highlight that this work does not have the pretension of presenting results about the use of SimDeCS, but rather of serving to orient initial work in the context of evaluating educational simulators in medical education.

In concluding this study, we propose future work with an evaluation using methods and artefacts appropriate for statistical evaluation, in addition to comparison among different tools.

### Acknowledgment

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

### References

- Bez, M. R., Flores, C. D., Fonseca, J. M. L., Maroni, V., Barros, P. R., Vicari, R. M., 2012. Influence Diagram for Selection of Pedagogical Strategies in a Multi-Agent System Learning. In: Pavón, J., Duque-Méndez, N., Fuentes-Fernández, R. (Eds.). *Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin. 2012. 7637, 621–630. DOI: 10.1007/978-3-642-34654-5\_63.
- Botezatu, M., Hult, H., Tessma, M., Fors, U., 2010. Virtual Patient Simulation: knowledge gain or knowledge loss? *Med Teach*. 32(7):562–8. DOI: 10.3109/01421590903514630.
- Chow, M., Chan, L., 2010. Development and evaluation of a compartmental picture archiving and communications system model for integration and visualization of multidisciplinary biomedical data to facilitate student learning in an integrative health clinic. *Comput Educ*. 54(3),733–741. DOI: 10.1016/j.compedu.2009.08.022.
- Chua, B.B., Dyson, L.E., 2004. Applying the ISO9126 model to the evaluation of an e-learning system. In: Atkinson, R., McBeath, C., Jonas-Dwyer, D., Phillips, R. (Eds.), *Beyond the comfort zone: Proceedings of the 21<sup>st</sup> ASCILITE Conference*. pp. 184–190). <http://www.ascilite.org.au/conferences/perth04/procs/chua.html>.
- Curran, V. R., Fleet, L., 2005. A review of evaluation outcomes of web-based continuing medical education. *Med Educ*. 39(6), 561–567. DOI: 10.1111/j.1365-2929.2005.02173.x
- Fieschi, M., Soula, G., Berland, Y., 2002. Experimenting with new paradigms for medical education and the emergence of a distance learning degree using the internet: teaching evidence-based medicine. *Med Inform Internet Med*. 27(1), 1–11. DOI: 10.1080/14639230110105301.
- Flores, C. D., Bez, M. R., Barros, P. R., Cazela, S. C., 2013. Leveraging the Learning Process in Health through Clinical Cases Simulator. In: *IEEE 2<sup>nd</sup> International Conference on Serious Games and Applications for Health*.

- Freitas S., Oliver, M., 2006. How can exploratory learning with games and simulations within the curriculum be most effectively evaluated? *Comput Educ.* 46(3), 249–264. DOI: 10.1016/j.compedu.2005.11.007.
- Gelenbe, E., Hussain, K., Kaptan, V., 2005. Simulating autonomous agents in augmented reality, *J Syst Softw.* 74(3), 255–268, DOI: 10.1016/j.jss.2004.01.016 .
- Hainey, T., Connolly, T. M., Stansfield, M., Elizabeth. A, 2011. Evaluation of a game to teach requirements collection and analysis in software engineering at tertiary education level, *Comput Educ.* 56(1), 21–35. DOI: 10.1016/j.compedu.2010.09.008.
- 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. *Comput Educ.* 52(2), 292–301. DOI: 10.1016/j.compedu.2008.08.008.
- Huang, G., Reynolds, R., Candler, C., 2007. Virtual patient simulation at US and Canadian medical schools. *Acad Med* 82(5), 446–451.
- Jha, V., Duffy, S., 2002. 'Ten golden rules' for designing software in medical education: results from a formative evaluation of DIALOG. *Med Teach.* 24(4), 417–421. DOI: 10.1080/01421590220145798.
- Juristo, N., Moreno, A. M., Sanchez-Segura, M.I., 2007. Analysing the impact of usability on software design. *J Syst Softw.* 80(9). 1506–1516. DOI: 10.1016/j.jss.2007.01.006.
- Kathleen, R. R., 2008. The history of medical simulation. *J Crit Care.* 23(2). 157–166. DOI: 10.1016/j.jcrc.2007.12.004.
- Kincaid, J. P., Hamilton, R., 2004. *Modeling and Simulation: Theory and Applications.* Kluwer, Boston.
- Kneebone, R., 2005. Evaluating clinical simulations for learning procedural skills: a theory-based approach. *Acad Med.* 80(6). 549–553.
- Kuo, J. Y., Huang, F. C., Ma, S. P., Fanjiang, Y. Y, 2013. Applying hybrid learning approach to RoboCup's strategy. *J Syst Softw.* 86(7). 1933–1944. DOI: 10.1016/j.jss.2013.03.031.
- Leung, W. C., 2002. Competency based medical training: review. *BMJ.* 325(7366). 693–696.
- Masiello, I., Ramberg, R., Lonka, K., 2005. Attitudes to the application of a Web-based learning system in a microbiology course. *Comput Educ.* 45(2)., 171–185. DOI 10.1016/j.compedu.2004.07.001.
- Mitchell, A., Savill-Smith, C., 2004. *The use of computer and video games for learning: A review of literature.* Learning and Skills Development Agency, London.

- NBR ISO/IEC 9126-1, 2003. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Engenharia de software: qualidade de produto: parte 1: modelo de qualidade. ABNT, Rio de Janeiro.
- Nielsen, J., 1994. Usability inspection methods. In: Proceedings CHI '94 Conference Companion on Human Factors in Computing Systems. ACM, New York. pp. 413–414. DOI: 10.1145/259963.260531
- Ozkan, S., Koseler, R., 2009. Multi-dimensional students' evaluation of e-learning systems in the higher education context: An empirical investigation. *Comput Educ.* 53(4). 1285–1296. DOI:10.1016/j.compedu.2009.06.011.
- Papastergiou, M., 2009. Digital Game-Based Learning in high school Computer Science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Comput Educ.* 52(1). 1–12. DOI: 10.1016/j.compedu.2008.06.004.
- Prince, M., 2004. Does active learning work? A review of the research. *J. Eng. Edu. (Wash. D.C.)*. 93. pp.223–232. DOI: 10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x.
- Rex H.H., 1998. Human–computer interaction: Interdisciplinary roots and trends. *J Syst Softw.* 43(2). 103–118. DOI: 10.1016/S0164-1212(98)10026-2.
- Ruiz, J. G., Mintzer, M.J., Issenberg, S. B., 2006. Learning objects in medical education. *Med Teach.* 28(7). 599–605. DOI: 10.1080/01421590601039893.
- Ruten, N., Joolingen, W. R., Veen, J. T., 2011. The learning effects of computer simulations in Science education. *Comput Educ.* 58(1). 136–153. DOI: 10.1016/j.compedu.2011.07.017.
- Schwartz, A, Elstein, A.S., 2008. Clinical reasoning in medicine. In: J. Higgs, M. Jones, S. Loftus, N. Christensen (Eds.). *Clinical Reasoning in the Health Professions*. Butterworth-Heinemann, New York, pp. 223–234.
- Smith, M., Higgs, J., Ellis, E., 2008. Factors influencing clinical decision making. In: J. Higgs, M. Jones, S. Loftus, N. Christensen (Eds.) *Clinical Reasoning in the Health Professions*., Butterworth-Heinemann, New York. pp. 89–100.
- Squires, D., Preece, J., 1996. Usability and learning: evaluating the potential of educational software, *Comput Educ.* 27(1). 15–22. DOI: 10.1016/0360-1315(96)00010-3.
- Swanwick, T., 2010. *Understanding Medical Education: Evidence, Theory and Practice*. Wiley-Blackwell. pp.164–180. DOI: 10.1002/9781444320282.
- Wang, Y. S., Wang, H. Y., Shee, D. Y., 2007. Measuring e-learning systems success in an organizational context: Scale development and validation. *Comput Human Behav.* 23(1) 1792–1808. DOI: 10.1016/j.chb.2005.10.006.

- Ward, J. P., Gordon, J., Field, M. J., Lehmann, H.P., 2001. Communication and information technology in medical education. *Lancet*. 357(9258). pp. 792–796. DOI: 10.1016/S0140-6736(00)04173-8.
- Yin, R. K., 1994. *Case Study Research: design and methods*. Thousand Oaks, Sage.
- Zhang, C., Lesser, V., 2013. Coordinating Multi-Agent Reinforcement Learning with Limited Communication. In: *Proceedings of AAMAS'13, International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems.*, IFAAMAS. pp. 1101-1108.
- Ziv, A., Ben-david, S., Ziv, M., 2005. Simulation Based Medical Education: an opportunity to learn from errors. *Med Teach*. 27(3). 193–199. DOI: 10.1080/01421590500126718.

## APÊNDICES

## APÊNDICE I: ARTIGO COMPLETO PUBLICADO NA RENOTE 2012

Barros, P.R. ; Cazella, S.C. ; BEZ, M. R. ; FLORES, C. D. ; Dahmer, A. ; Mossmann, J.B. ; Fonseca, J.M. ; Maroni, V. . Um Simulador de Casos Clínicos Complexos no Processo de Aprendizagem em Saúde. RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 12, p. 234, 2012.





## UM SIMULADOR DE CASOS CLÍNICOS COMPLEXOS NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM EM SAÚDE

Paulo Ricardo Muniz Barros – UFCSPA - pbarros1979@gmail.com  
Sílvio César Cazella – UFCSPA/UNISINOS – silvio.cazella@gmail.com  
Marta Bez – UFRGS/FEVALE - martabez@gmail.com  
Cecília Dias Flores – UFCSPA - dflores@ufcspa.edu.br  
Alessandra Dahmer – UFCSPA - adahmer@ufcspa.edu.br  
João Batista Mossmann – FEVALE - mossmann@fevale.br  
João Marcelo Fonseca – UFCSPA - joaomarcelfonseca@gmail.com  
Vinícius Maroni – UFCSPA - viniciusmaroni@gmail.com

**Resumo.** *Este artigo apresenta o projeto SimDeCS, que representa 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. A experiência tem como objetivo apresentar um processo mais atrativo e próximo das situações do mundo real reduzindo as distâncias entre a teoria e a prática clínica, através da utilização de simulações. O sistema encontra-se em fase de prototipação, porém os primeiros testes realizados mostraram-se bastante promissores.*

**Palavras-chaves:** *Educação Médica, Simulação, Casos Clínicos.*

## A SIMULATOR OF CLINICAL COMPLEX CASES IN THE PROCESS OF LEARNING IN HEALTH

**Abstract.** *This paper presents the SimDeCS project, which represents an important opportunity to establish a new form of relationship between teacher and student, introducing computerized tools to simulate complex clinical cases in the learning process. The experience aims to present a more attractive and effective learning process by reducing the gap between theory and clinical practice through the use of simulations. The system is in prototype phase, but the preliminary tests have presented very promising.*

**Keywords:** *Medical Education, Simulation, Case Studies.*

### 1. Introdução

A formação e a capacitação de recursos humanos em saúde devem estar associadas às adequações dos modos de atenção à saúde, criando-se, dessa forma, os cenários propícios à aprendizagem e à organização da cadeia do cuidado em saúde. Neste contexto, entendem-se os cenários de aprendizagem como a incorporação e a interseção



de métodos didático-pedagógicos; de áreas de práticas e vivências; de utilização de tecnologias e habilidades cognitivas e psicomotoras; de valorização dos preceitos morais e éticos, orientadores de condutas individuais e coletivas; de organização do processo de trabalho (MARIS, 2004).

A imposição desta realidade sugere a necessidade de reformulação do ensino, buscando a inclusão de recursos tecnológicos na formação destes educandos. A área da saúde (no que tange ao diagnóstico investigativo e a conduta terapêutica) caracteriza-se como um ambiente de domínio incerto. Nestes ambientes destaca-se como alternativa de ensino a utilização de simuladores. Os simuladores de casos clínicos são considerados ferramentas muito poderosas na educação de profissionais de saúde, de acordo com a Organização Pan-Americana de Saúde<sup>1</sup>.

As simulações podem ser representadas de diversas formas, entre elas através de jogos computacionais aplicados ao ensino, conhecidos como jogos sérios (*Serious Games*). Sua principal característica é ensinar conteúdos específicos de disciplinas ou treinar habilidades tanto operacionais como comportamentais (MORAIS, 2010).

Este artigo apresenta o projeto SimDeCS (Simulador de Casos de Saúde), que 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. Deste modo, caracteriza um processo mais atrativo e próximo das situações do mundo real, reduzindo as distâncias entre a teoria e a prática clínica.

Este artigo encontra-se dividido da seguinte forma: na seção 2 são apresentados os trabalhos relacionados à área de simulação, a seção 3 descreve questões relacionadas a modelagem de conhecimento. A seção 4 apresenta o SimDeCS implementado para simulação de casos clínicos focado na educação, a seção 5 descreve o processo de avaliação, e por fim, a seção 6 apresenta as conclusões.

## 2. Trabalhos Relacionados

A partir da idéia de que a aprendizagem representa uma mudança de comportamento, (GIUSTA, 1985), buscam-se formas de prover experiência a alunos. Nesta busca pelo conhecimento os simuladores têm se apresentado como grandes aliados, evoluindo e atraindo estudantes das mais variadas áreas do conhecimento. Busca-se, normalmente, nestas simulações, prover informações com características da vida real, permitindo a participação em cenários e situações próximas as vivenciadas no dia a dia.

Atualmente, não existem definições precisas do termo simulação. Para Machado, Moraes e Nunes (2009), as simulações visam apresentar situações práticas vivenciadas no dia-a-dia e tem o objetivo principal de proporcionar o treinamento de profissionais, em várias áreas do conhecimento, situações críticas, conscientização de crianças, jovens e adultos. O autor Ziv (2005) define simulação como uma “técnica em que se utiliza um simulador, considerando-se simulador como um objeto ou representação parcial ou total de uma tarefa a ser replicada”.

---

<sup>1</sup> Ref: Relatório Técnico 02 / BR CNT 0900487.001



É possível encontrar fortes evidências na literatura de que a simulação computacional pode melhorar a forma de conduzir o ensino, principalmente em casos onde há riscos ou em que seja impossível demonstrar diretamente um fenômeno (AKPAN, 2001). O uso de simulação computacional traz como vantagens a redução de tempo despendido nos experimentos; manipulação fácil de variáveis para observação de várias hipóteses; a existência de recursos multivariados para a visualização dos resultados; a possibilidade de um aluno de medicina ver situações e tipos de pacientes que dificilmente seria possível em acompanhamentos reais (BLAKE and SCANLON, 2007; STANFORD, 2010). Conforme Stanford (2010) o tempo necessário para criar e configurar o ambiente da simulação é ainda uma desvantagem a ser superada.

O uso de simulação permite levar novas abordagens para o ensino e para a prática médica, denominadas de Medicina Baseado em Simulação. Para fins de treinamento, os simuladores podem ser aplicados para apresentar situações críticas que envolvam algum tipo de risco, tomada de decisões ou desenvolver habilidades específicas. Com base nisso, os simuladores para a área médica tem evoluído muito.

Na área da saúde, há exemplos de diversos tipos de simuladores. Na tabela 1, são apresentados alguns exemplos retirados da literatura:

**Tabela 1. Exemplos de Simuladores**

<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Foco de estudo</b>
Rendas et al	1999	<i>PBLS - Framework to PBL problems to pathophysiology.</i>
Bergin and Fors	2003	<i>ISP - Interactive simulator patient.</i>
Kneebone	2003	<i>Surgical training (vascular access, sigmoidoscopy and anastomosis).</i>
Machado, L. S. et al	2003	Oncologia pediátrica em 3D.
Holzinger, Emberger et al	2008	<i>Cytogenetics, as an integral part of diagnostics in dysmorphology, syndromology, prenatal and developmental diagnosis, reproductive medicine, neuropsychiatrics, hematology and oncology.</i>
Smith and Roehrs	2009	<i>Patient with respiratory disorder who was going into respirator distress.</i>
Ying	2009	<i>A respiratory patient who was admitted for a pleural effusion.</i>
Holzinger et al	2009	<i>HAEMOSIM – Haemodynamics Simulator: physiological models and the dynamics of complex mathematical rules related to these models.</i>
Botezatu et al	2010	<i>VPS – Virtual Patient Simulation System.</i>

**Fonte: Elaborado pelos autores**

### 3. Modelagem do Conhecimento



A modelagem do conhecimento, no simulador proposto, será feita por especialistas, amparados pelas diretrizes clínicas. Os componentes do raciocínio clínico serão representados por Redes Bayesianas.

Redes Bayesianas são uma das técnicas de inteligência artificial para representação do conhecimento incerto (PEARL, 1986). O conhecimento incerto é a presença da incerteza na base de conhecimentos a ser utilizada. Em geral, está associado a graus variáveis de probabilidades e o encadeamento e influência entre elas. O motor de inferência aplicado as redes Bayesianas calculam as probabilidades conjuntas de um grande número de variáveis.

Na área das Ciências da Saúde em geral e especificamente na área médica, decisões são muito frequentemente tomadas a partir de cenários e da interpretação de probabilidades em conjunto (BLEAKLEY, BLIGH, BRICE, 2011). O Teorema de Bayes é a forma matemática de relacionar probabilidades encadeadas. Ele demonstra como alterar probabilidades considerando novas evidências, e assim, obtendo novas probabilidades. O Teorema de Bayes é a base da Inferência Bayesiana, sendo desta forma o cerne da tomada de decisão dentro da mesma.

Redes Bayesianas são representadas graficamente por grafos dirigidos acíclicos onde cada variável que se acredita ter influência é representada como um nodo. Cada nodo da rede é associado a uma tabela de probabilidades. Esta tabela é conhecida como Tabela de Probabilidades Condicionais, considerando que ela representa probabilidades de um evento ocorrer, dado a ocorrência ou não de seus pais. Caso um nodo não possua pais, dizemos que ele tem uma Tabela de Probabilidades Iniciais. Além dessa representação numérica, o relacionamento qualitativo entre as variáveis é representado nas relações de dependência estabelecidas entre os nodos (PEARL, 1993).

Trabalhando com modelos gráficos na representação do conhecimento, torna-se mais intuitivo o entendimento dos mesmos. Segundo Castillo et al (CASTILLO, 1998), a representação gráfica de modelos probabilísticos apresenta explicitamente a relação entre as mesmas, além de conservar essas relações de forma qualitativa.

### 3.1. Modelagem do Conhecimento pelo Especialista

A primeira etapa da modelagem consiste em delimitar o conhecimento a ser representado. É freqüente nas Ciências da Saúde que um determinado problema a ser abordado seja ampliado em abrangência na medida em que novas variáveis e situações vão sendo conectadas, indefinidamente. Para evitar essa impossibilidade de representação, o especialista de domínio deve ter claro quais limites usará na representação do problema. Uma diretriz clínica pode ser um exemplo de fonte inicial para essa delimitação. Diretrizes clínicas constituem-se em posicionamentos ou recomendações (*statements*) sistematicamente desenvolvidas para orientar médicos e pacientes acerca de cuidados de saúde, apropriados em circunstâncias clínicas específicas (PORTELA, 2008 apud IOM, 1990).

A etapa seguinte consiste em elencar o máximo de variáveis que possam estar envolvidas no problema. Para cada uma dessas variáveis deverá ser atribuída uma probabilidade inicial. Essa probabilidade poderá advir da própria fonte do conhecimento (diretriz clínica, levantamento epidemiológico, casuística disponível) ou, na ausência



destes, de uma estimativa da prevalência na população que está sendo representada no problema.

A terceira etapa consiste em estabelecer as ligações conhecidas (qualitativas) entre os diferentes nodos. É essencial não haver ciclos, pela natureza da aplicação do Teorema de Bayes, de forma que as probabilidades ao se propagarem na rede não se retroalimentem.

A última etapa consiste na avaliação da plausibilidade clínica da rede constituída, com a possibilidade de calibração das probabilidades iniciais para um melhor desempenho no julgamento do especialista de domínio.

A representação do conhecimento é criada por especialistas, modeladas em uma RB, que, conforme Schwartz e Elstein (2008), se justifica em função de revisões na literatura médica que indicam que o processo de decisão e raciocínio diagnóstico é incerto, muitas vezes com informações imprecisas.

Na construção do caso de estudo, ao incluir sinais e sintomas disponíveis na rede, o professor propaga as probabilidades, emergindo então, um ou mais diagnósticos e suas consequentes condutas, modelando assim o caso que será simulado pelos alunos.

Os casos clínicos criados pelos professores ficam armazenados em um Banco de Dados, contendo os nodos selecionados pelo professor para as etapas de investigação, diagnóstico e conduta. Nele também são armazenadas informações adicionais sobre o caso clínico, bem como dados da ficha (ou prontuário) do paciente. Os nodos da rede que representam a investigação são armazenados no formato de perguntas, disponíveis no simulador para que, na execução, o aluno possa investigar o caso clínico. A cada pergunta realizada pelo aluno ao simulador, é consultada a rede modelada pelo professor e obtida uma resposta (simulando a resposta de um paciente em consulta) que expressa a probabilidade do nodo naquele momento.

### **3.2 Exemplo de Rede**

Na figura 1, é apresentado um fragmento de rede que representa o conhecimento de um caso clínico de estudo. A partir dos sintomas (tosse, febre e emagrecimento) é representada a relação destes com a investigação usual (fibrobroncoscopia, pesquisa de Bacilos Álcool-Ácido Resistentes, Bacteriológico de escarro, Raio X de tórax).

Conforme esses resultados, emergem da rede as probabilidades para os diagnósticos de tuberculose pulmonar ou pneumonia, sendo esta última vinculada ao tratamento medicamentoso pertinente.

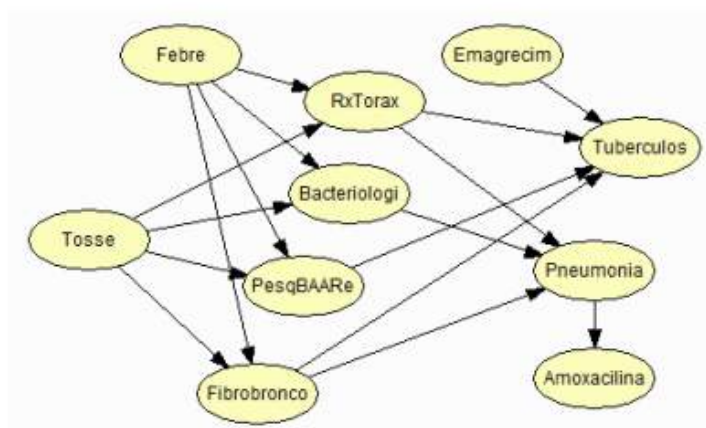


Figura 1. Exemplo de Rede Bayesiana



#### 4. Simulador SimDeCs

No simulador, com a interface modelada em 3D (figura 2), o aluno interage com o ambiente utilizando o mouse. Quando o aluno pretender interagir com um paciente, ele deve clicar sobre a imagem do paciente, o que lhe dará acesso a informações como idade, peso, altura e nome (propriedades do paciente). Além dessas informações, o ambiente apresenta ao aluno um menu que representa as características presentes no caso modelado pelo professor.

Para acessar estas características, que representam atividades possíveis no simulador, basta clicar sobre a opção desejada. Através da funcionalidade intitulada de “Realizar Exame Físico”, por exemplo, o aluno terá acesso aos exames inseridos durante a modelagem do caso.

Caso escolha, por exemplo, “Exames Complementares”, uma nova interface é apresentada ao usuário, permitindo a reprodução de imagens ou outras mídias, que contenham informações importantes para a simulação. No caso da Figura 3, é apresentada uma interface contendo uma radiografia, obtida a partir da opção “Solicitar Exame Físico”.

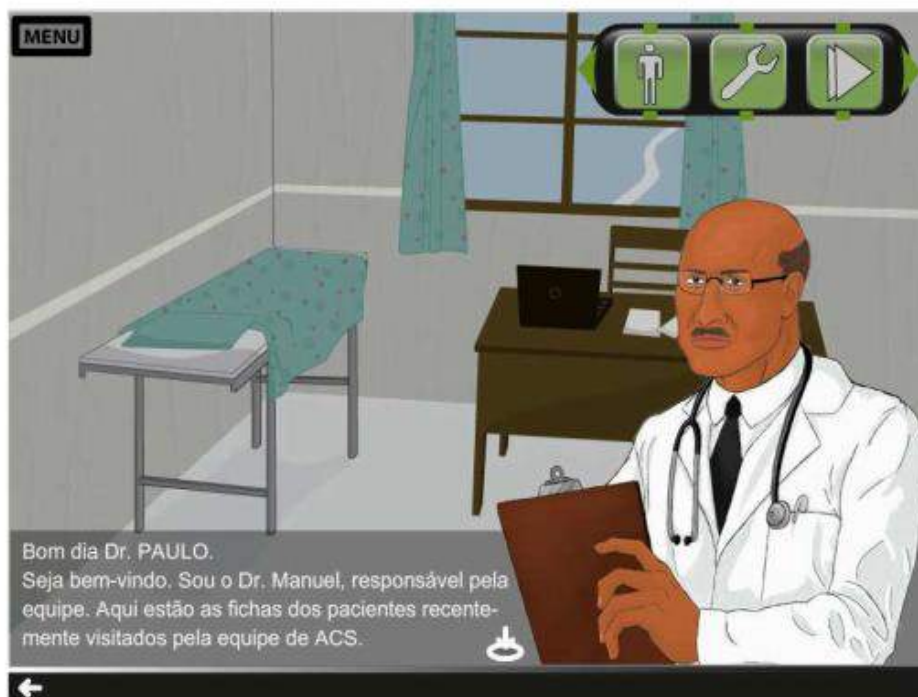


Figura 2. Simulação em 3D com atendimento ao paciente

A criação do *player* que possui a responsabilidade de executar as simulações construídas no ambiente é fundamental para o sucesso do simulador. Esse *player* constitui-se na parte onde a criatividade pode propiciar novas metáforas para que os



alunos interajam na simulação e tenha acesso aos elementos do domínio representados pela rede bayesiana e banco de casos.



Figura 3 – Simulação em 3D com resultado de exame físico

## 5. Avaliação

Quando simuladores são aplicados a ambientes de ensino se torna fundamental estabelecer uma forma de avaliação dos educandos submetidos a estes ambientes. No caso específico de simulação de casos clínicos para a área da saúde, todo o trajeto percorrido pelo aluno durante a resolução do problema proposto deve ser considerado no momento de definição de um resultado, não ficando esta avaliação restrita somente ao resultado final encontrado.

Segundo SEIXAS; FLORES et. al. (2004), o ideal seria trabalharmos avaliando todas as hipóteses possíveis da construção do conhecimento, garantindo ao fim a compreensão por parte do educando do resultado encontrado. Evita-se assim, que o aluno faça sem compreender e estimulando-o a refletir sobre o que fazer.

Para suprir esta lacuna, entre o processo de construção do conhecimento e a chegada ao resultado final, utilizamos um motor de inferência para análise das decisões tomadas pelo aluno durante o processo de aprendizagem. Atribuindo assim valores mensuráveis quanto ao custo e a efetividade das escolhas e avaliando o tempo transcorrido até o diagnóstico; assim como o custo em exames complementares realizados questão relevante a medicina de família e comunidade.

Para construção deste motor de inferência dividimos o processo de avaliação, assim como a simulação, em três grandes etapas a saber:



1. Investigação e construção da hipótese diagnóstica;
2. Seleção do diagnóstico presuntivo para o caso;
3. Desfecho ou conduta terapêutica.

Na primeira fase o aluno investiga os pacientes participantes do caso através da observação de sinais, sintomas, exames físicos e complementares. Nesta busca, o simulador utiliza-se das informações de tempo, custo e influência no diagnóstico dos nodos modelados na rede bayesiana para avaliar, além do diagnóstico encontrado, também o caminho percorrido pelo aluno.

Nesta primeira fase, investigativa, alguns pontos fundamentais são considerados para obtenção do cálculo de desempenho do estudante. Ao diagnóstico presuntivo selecionado é atribuído um peso, sendo este influenciado pela complexidade de identificação do diagnóstico, ou seja, existe uma tolerância para casos clínicos que possibilitam mais de um diagnóstico plausível.

O tempo e o custo despendidos na busca de solução do caso são comparados com a rede modelada, desvios para baixo distanciando-se do esperado indicam um comportamento lotérico em que o discente pode ter chegado a uma conclusão baseada em poucas evidências, portanto acarreta em uma redução de sua pontuação. Por outro lado, uma utilização demasiada do tempo e do custo também é penalizada, pois indica indecisão e desconhecimento do aprendiz submetido à simulação.

No momento em que o aluno chega a um diagnóstico presuntivo e seleciona a conduta terapêutica para o paciente, este passa a um segundo estágio da avaliação. Nesta fase, a adequação da conduta ao diagnóstico sugerido é avaliada, porém em casos de uma seleção diagnóstica equivocada, seguido de uma alternativa de tratamento adequada, tem uma intervenção diferente em relação ao erro completo de diagnóstico e tratamento.

O resultado da avaliação emerge na interface do simulador em pontos identificados como chave. Sendo eles disparados no momento em que diagnóstico presuntivo é selecionado ou quando a conduta terapêutica é determinada. Além disto, mensagens de apoio pedagógico e recondução podem emergir durante a investigação quando o agente mediador identificar que o aluno navega de forma cíclica pelas evidências sem conseguir avançar no processo.

Ao final a avaliação do aluno é exibida na forma de um texto estruturado explicando os pontos onde o erro ou o sucesso ocorreu agindo como um tutor inteligente reforçando o aprendizado.

## 6. Conclusão

O SimDeCS torna-se um grande auxiliar no processo pedagógico de aprendizagem dos alunos seguindo as diretrizes do aprendizado baseado em problemas. No simulador o aprendiz é submetido a situações que se aproximam da realidade, podendo testar seus conhecimentos e ao fim ser avaliado, identificando seus acertos e falhas.

Atualmente, o SimDeCS encontra-se em fase de desenvolvimento, contando com um protótipo funcional que compreende a modelagem dos casos, algumas redes bayesianas e o ambiente do jogo em uma versão em três dimensões.



Ao final desta fase, entende-se que o SimDeCS irá consolidar-se como uma valiosa ferramenta no processo de aprendizagem de alunos da área médica como já evidenciado em primeiros testes realizados.

Como trabalhos futuros verifica-se a finalização do protótipo, para validação do mesmo junto a alunos da área da saúde.

### Agradecimentos

Agradecimento à CAPES, através do Projeto Pró-Ensino na Saúde e a Universidade Aberta do Sistema Único de Saúde (UNA-SUS).

### Referências

- AKPAN, J. P. (2001). Issues associated with inserting computer simulations into biology instruction: a review of the literature. *Electronic Journal of Science Education*, 5(3).
- BERGIN, R.; YOUNGBLOOD, P.; AYERS, M. K.; BOBERG, J.; BOLANDER, K.; COURTEILLE, O.; DEV, P.; HINDBECK, H.; EDWARD, E.; STRINGER, J. R., THALME, A. FORS, U. G. H. (2003) Interactive Simulated Patient: Experiences with collaborative e-learning in medicine. *Journal of Educational Computing Research*. V.29, n.3, pp. 387-400
- BLAKE, C.; SCANLON, E. (2007). Reconsidering simulations in science education at a distance: features of effective use. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(6), 491–502.
- BLEAKLEY, A.; BLIGH, J.; BRICE, J. (2011). *Medical Education for the Future*. Springer. V. 1. 2011.
- 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.
- CASTILLO, E.; GUTIÉRREZ, J. M.; HADI, A. S. (1998). *Sistemas Expertos e Modelos de Redes Probabilísticas*. [S.l.]: Academia Espanola de Ingenieria, 1998.
- GIUSTA, A. da S. (1985) *Concepções de Aprendizagem e Práticas Pedagógicas*. In: *Educ.Rev. Belo Horizonte*, 1985. v.1: 24-31p
- HOLZINGER, A.; Emberger, W.; Wassertheurer, S.; Neal, L. (2008). Design, development and evaluation of online interactive simulation software for learning human genetics. *Elektrotechnik & Informationstechnik (e&i)*, 125(5), 190–196.
- 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 HAEMO dynamics SIMulator. *Computer and Education*, 52, 292–301.
- KNEEBONE, R. (2003) Simulation in surgical training: educational issues and practical implications. *Medical Education*. 37(3):267–77.
- MACHADO, L.; MORAES, R.; NUNES, F. (2009) *Serious Games para Saúde e Treinamento Imersivo*. Book Chapter. In: Fatima L. S. Nunes; Liliane S. Machado; V. 10 N° 1, julho, 2012.



- Marcio S. Pinho; Claudio Kirner. (Org.). *Abordagens Práticas de Realidade Virtual e Aumentada*. Porto Alegre: SBC, 2009. p. 31-60
- MACHADO, L.S. Zuffo, M.K. (2003) Development and Evaluation of a Simulator of Invasive Procedures in Pediatric Bone Marrow Transplant. *Studies In Health Technology And Informatics*. Amsterdam. v.94, p.193 - 195. USA
- MARIS, J. J. N. et al. (org) (2004). *Educação médica em transformação: instrumentos para a construção de novas realidades*. São Paulo, Hucitec, 2004.
- MORAIS, Alana Marques, et. al. *Serious Games na Odontologia: Aplicações, Características e Possibilidades (2010)*. In: XII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde 2010. Porto de Galinhas/PE. Anais. 2010. CD-ROM.
- PEARL, Judea. (1993) *Belief Networks Revisited*. *Artificial Intelligence*. Amsterdam: Elsevier, v.59, p.49-56, 1993.
- PEARL, Judea. (1986) *Fusion, Propagation, and Structuring in Belief Networks*. *Artificial Intelligence*. North Holland, v.29, p.241-288, 1986.
- PORTELA, M.C., ESCOSTEGUY, C.C., LIMA, S.M.L., FERREIRA, V.M.B., VASCONCELLOS, M.T.L, BRITO, C. (2008). Diretrizes Clínicas e outras práticas voltadas para a melhoria da qualidade assistencial em operadoras de planos de saúde sob a perspectiva de seus dirigentes no Brasil. *Cad Saúde Pública* 2008; 24:253-266.
- RENDAS, A.; PINTO, P. R.; GAMBOA, T. A computer simulation designed for problem-based learning. *Medical Education*, 1999, 33, 047-054.
- SCHWARTZ, A.; ELSTEIN, A. S. (2008). *Clinical reasoning in medicine*. In: *Clinical Reasoning in the Health Professions*. Elsevier. 3. Ed. 2008.
- SEIXAS, Louise J.; FLORES, Cecília D.; GLUZ João C.; VICARI, Rosa 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.
- 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.
- 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.
- YING, L. S. (2009). Bringing “case” and learning “to life” using simulation technology. *Singapore Nursing Journal*, 36(3), 12, 14-16.
- ZIV, A.; Ben-David, S.; Ziv, M. Simulation Based Medical Education: an opportunity to learn from errors. *Medical Teacher*, Vol. 27, No. 3, 2005, pp. 193–199.

## APÊNDICE II: ARTIGO COMPLETO PUBLICADO NO SEGAH 2013

FLORES, C. D.; BEZ, M. R., BARROS, P. R.; CAZELA, S. Leveraging the Learning Process in Health through Clinical Cases Simulator. IEEE 2nd International Conference on Serious Games and Applications for Health to be held. Vilamoura (Algarve), Portugal. Maio/2013.



## Leveraging the Learning Process in Health through Clinical Cases Simulator

Cecilia D. Flores, Paulo Barros, Silvio Cazella  
 Pós-Graduação em Ciências da Saúde  
 Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre  
 Porto Alegre, RS, Brazil  
 {dflores, pbarros, silvio}@ufcspa.edu.br

Marta Roseleer Bez  
 Universidade FEEVALE  
 Novo Hamburgo, RS, Brazil  
 martaBez@feevale.br

**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, model-learning environment supported by artificial intelligence techniques, and your evaluation while educational software. 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; simulation; Artificial Intelligence

### I. INTRODUCTION

It is regarded as a huge preoccupation among educators to fill in the gaps between theoretical learning and the essential clinical practice for medical formation. The number of necessary clinical situations in a real world to support the applied theory in courses in the medical area is quite large and it is not always attainable in a practical way. Nowadays young people have a more interactive way to relate with the world, considering the internet as an indispensable part of their lives [1]. This technological insertion permits us to consider the use of informatics in this educational context. Instead of becoming mere appreciators of the technology, we should associate with it by using it as a tool in the development of citizenship and in pedagogical activity [2].

To make use of simulation methods in clinical practice situations in order to reproduce difficult circumstances in the real world, with the intent to educate, is a commotion that arouses pedagogical interest [3][4][5]. Due to the fact that they are techniques that imitate a real environment by means of analogies, the simulations become complementary to traditional teaching and present the advantage in training educators in the ability of experimenting an emergency state of affairs before they take place in clinical practice [6]. Authors as [7] point out that a computational simulation can improve learning procured in literature. According to [8], asynchronous online education that figures with simulators is an interesting and practicable alternative for students in traditional classes.

According to [9], medical teaching simulators may be understood as tools that permit educators to keep control in pre-selected clinical settings, discarding any potential risk to

the patient within this phase of learning. This affirmation highlights the importance of the educator in creating simulations for the students in controlled environments. Once learning with real patients, different from conventional situations, not all variables can be controlled or measured. For this much, simulations grant total control to the educator with immediate feedback [10], reinforcing his teaching in points that could have passed by unnoticed in case it obtains a satisfactory conclusion.

Kincaid et al. [11] present several advantages in the use of simulators for medical teaching such as: 1) aiding the student to comprehend complex relations that otherwise would demand expensive equipment or potentially dangerous experiments; 2) bestow the application of scientific and technological knowledge in an integrated and simulated manner; 3) allow the student to search for new methods and strategies for the solution of a study case; 4) reduce the risk of authentic situations.

Besides the advantages in simulation, the emission of immediate feedback to the student strengthens his learning and makes him ruminate and, as a consequence, forward himself in the right direction when necessary. According to Botezatu [3], the feedback evaluation is a significant learning tool.

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 fulfill 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 medical's cases in a Web environment, as a support for the continuous formation of professionals at service has a strategic importance as it makes possible in upgrading the diagnostic reasoning of the student-workers and makes them reflect.



supervises and evaluates student performance, guides the learner/user and produces assessment reports. The final generation of performance reports based on the corrections of investigative conducts (and not only diagnostic hits), wasted time and estimated cost, permits the professor to evaluate in these angles on the student's performance in the SimDeCS.

An Influence Diagram (ID), according to [14] is visual representation of the decision of a problem that provides an intuitive way and presents essential elements including decisions, uncertainties and objectives, and on how each one influences the other. An Influence Diagram is an acyclic graph directed with three types of nodes: decision (that represents decisions or alternatives), chance (representing occurrences and uncertain results) and consequence (representing the consequence of decisions). An objective combines multiple sub-objectives or attributes that can be in conflict such as energy costs, benefits and risk environments. Generally the objective is uncertain where the analysis of decision suggests maximizing the expected value or, generically, an expected utility based on risk. An arrow indicates an influence. An  $X$  influence  $Y$ , being that  $X$  affects directly upon our belief or expectation over the value of  $Y$ . An influence expresses knowledge over relevance and does not necessarily imply a causal relation, or a flux of material, data or money. An example of an Influence Diagram is presented in Fig. 3 where variables are represented by ellipses. Thus they have a direct influence on the tactics to be discharged (represented by the rectangle). The decision for the best tactic is carried out by the utility node (diamond). This ID represents the credibility of the SimDeCS 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.

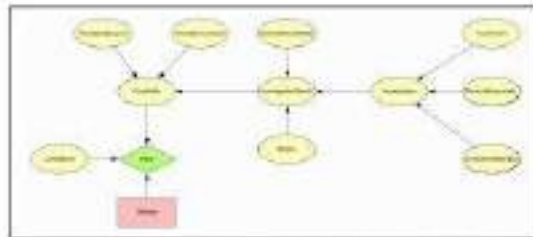


Figure 3. SimDeCS Mediator Agent Influence Diagram for Pedagogical Strategy Selection

#### B. The Simulation Construction

The steps in the simulation construction of the SimDeCS are presented in Fig. 4 where, in the sequence, each number refers to a specific step.

Stage 1: the specialist structures the knowledge of the medical domain in a Bayesian Network (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.

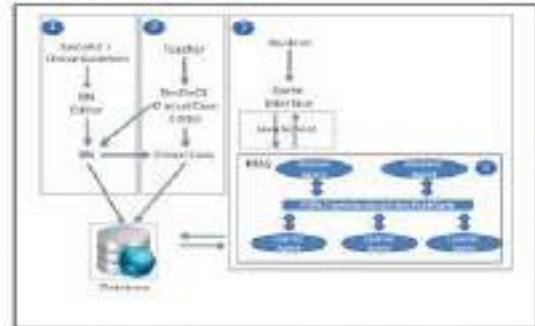


Figure 4. SimDeCS simulation construction process

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 database (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, whose functionality is described in the previous subsection. 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 Influence Diagram (ID), to select the strategy that will display the best utility in different moments of the interaction (Fig. 3).

#### C. Interface of the SimDeCS Simulator

The interaction between the student and the simulator is done by means of a virtual environment where the "dialog" is built amid the student and the patient. The patient shows the student his symptoms and significant characteristics

through previous inquiry. The Fig. 5 presents the simulator same interface examples of the SimDeCS.



Figure 5. Interface of the SimDeCS

#### D. Evaluation of SimDeCS

Trying to evaluate the simulator tool SimDeCS while educational software, a workshop was held with the participation of 24 people, with this sample, 13 are doctors, 5 are teachers, 5 are undergraduate students and 1 is a graduate student. It should be noted that this sample is in a non-probabilistic sample, ie, it was composed for the convenience of researchers. During the workshop, all reported having computer knowledge and frequently used software like word processors, spreadsheets, presentation software and Internet. A questionnaire was designed to allow data collection is divided in six blocks of questions seeking to assess: 1) the methodology used SimDeCS, 2) features, 3) reliability, 4) usability, 5) efficiency and 6) learning provided by the simulator. A 5-point Likert scale was used in the questionnaire, and a value of 1 means "Strongly Disagree" and the value 5 means "Strongly Agree". Table 1 presents a compilation of responses from participants.

TABLE I. ANSWERS ON PARTICIPANTS IN THE EVALUATION OF SIMDECS

	Strongly Agree	Agree	Indifferent	Disagree	Totally disagree
<b>Methodology applied in the simulator</b>					
The simulator facilitates the thinking of a diagnosis based on evidence.		24			
The simulator provides an easy indication of conduct based on the evidence and diagnostics.		22	2		
The resources available are not sufficient for the study of a clinical case.		21	1	2	
The presentation of feedback allowing the student to return to a question and correct, facilitates learning.		22	2		
At the end of the service the simulator provides students with an opportunity to review the process of resolving the clinical case, allowing a better understanding and learning content.		23	1		
<b>Features of the Simulator</b>					
The initial description and sequential simulator is clear and objective, leading the player to understand what must be done.		22	1	1	
The software has features that enable proper execution of the simulator.		22	2	1	
I require the consistent and reliable information Simulacion.		21	3		
The simulator is accurate in partial and final results.		17	4	3	
The simulator can be accessed via internet.		20	3	1	
In the simulator are not met the ethical and moral health.		20	3	1	
The Simulator provides access security by passwords and different profiles.		19	5		
<b>Reliability in the use of the Simulator</b>					
The simulator has errors frequently.		14	6	4	
The simulator reports clearly when errors occur.		9	11	4	
The simulator informs the user about invalid data input.		14	7	3	
The simulator is able to recover data in case of failure.		6	15	3	
<b>Usability of the Simulator</b>					
The simulator's interface facilitates its use iterative.		19	3	2	
The functions in the simulator are easy to perform.		21		3	
The simulator is easy to learn and use.		21		3	
It is easy to operate and control the simulation.		20	1	3	
There is clarity in help content presented during the execution of the simulator.		19	1	4	
<b>Efficiency of the Simulator</b>					
The response time in interactions with the simulator is suitable.		21		3	
The execution time of each case is adequate.		21	1	2	

	Strongly Agree	Agree	Indifferent	Disagree	Totally disagree
<b>Learning using the Simulator</b>					
The simulator allows the user to retain knowledge.		26	4		
The Simulator is a motivational tool for learning.		23		1	
The feedback from the simulator is suitable to the student.		19	1	4	
The simulator allows greater student participation, interfering in the pedagogical relationship teacher x student.		21	3		
The simulator does not encourage students to study independently.		22		2	
The simulator can be used as an effective resource in medical education.		22	2		

The following table presents some comments on the SimDeCS simulation tool.

TABLE II. COMMENTS FROM PARTICIPANTS ABOUT THE EVALUATION SIMDeCS

1	"I really enjoyed taking part in this study. The simulator can greatly assist clinicians in resolving cases that require further analysis, providing data in the literature to think. Important also the literature reviews that are available, facilitating a quick search for information..."
2	"I think it is very dynamic, and promotes learning..."
3	"It gives time to really rethink what we set up as data makes us think of the proposed clinical situation..."
4	"I really enjoyed, makes us imagine a real situation and to facilitate the diagnostic methodology used in everyday life..."

### III. 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 and Influence Diagram 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 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.

As to the system itself, it 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 each personal case. Ten clinical cases alone have been prepared for the headache network for the students to exercise.

In the evaluation of SimDeCS observed that the sample that participated in the Workshop believes that it presents quality when it comes to learning. It appears that according to assessments obtained, 84% of sampled believe that the simulator enables the user to retain knowledge, 96% consider the simulator as a motivational tool for learning, 86% consider that the simulator allows for greater student participation, interfering the pedagogical relationship teacher-student, 92% believe that the simulator can be used as an effective remedy in medical education. The average satisfaction with the methodology applied, according to the ratings obtained was 94% and the average satisfaction with the implemented features was 84% and the average satisfaction with the usability was 79% and the average satisfaction with efficiency was 88%, and finally the average satisfaction with reliability was 45%.

The results show the suitability of applying simulators with the characteristics presented in the teaching-learning process in the medical area, becoming real and effective in augmenting the learning process in health. The results described are to be interpreted based on the sample applied was not probabilistic.

As future work we intend to validate the SimDeCS simulator tool within the teaching-learning process, i.e., include in the same subjects and use them as teaching tools,

filling in an efficient and productive, the gap between theory and practice in training physicians.

#### ACKNOWLEDGMENT

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

#### REFERENCES

- [1] D. M. Cruz and L. F. Knipper. "Gama (virtual) simulation of life (reality: Generation Y and The Sims. (jogos virtuais) de simulação de vida real): a geração Y e o The Sims". Proc. Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação, 27, 2004, Porto Alegre, São Paulo Intecom, 2004, CD-ROM.
- [2] P. Pevna. *Pedagogy of autonomy: knowledge necessary for educational practice (Pedagogia de autonomia: saberes necessários à prática educativa)*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- [3] M. Botzatu, H. Hak, and U. G. Fors, U. G. "Virtual patient simulation: what do students make of it? A focus group study". *BMC Med Educ*, 2010 Dec 4;10:91. doi: 10.1186/1472-6920-10-91.
- [4] A. Holzinger, W. Emberger, S. Wasserthurn, and L. Neul, L. (2008). Design, development and evaluation of online interactive simulation software for learning human anatomy. *Acta Electrotechnic and Informationstechnik*, May 2008, vol. 115, issue 5, pp. 190-196.
- [5] S. J. Smith, and C. J. Buckle. "High-fidelity simulation: Factor correlated with nursing student satisfaction and self-confidence". *Nursing Education Perspectives*, 2009, vol. 50, issue 2, pp. 77-78.
- [6] P. G. Stanford. "Simulation in Nursing Education: a review of the research". *The Qualitative Report: Nova Southeastern University - Florida - USA*, 2010, vol. 15, issue 14.
- [7] N. Ratten, W. R. Joolingen, and J. T. Yoon. "The learning edats of computer simulations in Science education". *Computer & Education*, Jan 2012, vol. 58, issue 1, pp.126-133.
- [8] N. Jong, D. M. L. Ventogari, F. E. S. Tan, and S. J. O'Connor. "A comparison of classroom and online asynchronous problem-based learning for students undertaking statistics training as part of a Public Health Masters degree". *Advances in Health Sciences Education*, April 2012. doi:10.1007/s10429-012-9368-x.
- [9] A. Ziv, S. Ben-David, and M. Ziv. "Simulation Based Medical Education: an opportunity to learn from errors". *Medical Teacher*, 2005, vol. 27, issue 3, pp.193-199.
- [10] A. Clay, L. Que, E. Petrus, M. Sebastian, and J. Gervert. "Debriefing in the intensive care unit: a feedback tool to facilitate bedside teaching". *Critical Care Medicine*, March 2007, vol. 35, issue 3, pp. 738-754. doi: 10.1097/01.CCM.0000257329.22625.18
- [11] J. P. Kincaid, R. Harrison, R. W. Tam and H. Saegusa. "Simulation in Education and Training" in *Applied System Simulation: Methodologies and Applications*, Chapter 19, M. S. Othman, J. P. Georgios (Ed. Boston: Kluwer, 2004, pp. 477-486.
- [12] M. Wooldridge and N. Jennings. "Prelims of Agent-Oriented Development". Proc. *International Conference on Autonomous Agents*, New York: ACM Press, 1998, pp. 385-391. Available at: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=280767.280667>.
- [13] C. D. Flores, L. Selman, J. C. Gluz, and R. M. Vicari. "A Model of Pedagogical Negotiation" in *Progress in Artificial Intelligence: Lecture Notes in Computer Science*, C. Berta, A. Cardoso, and G. Dias (Eds. Heidelberg: Springer, Volume 3808, 2005, pp. 488-499.
- [14] J. Pearl. "Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems". San Francisco: Morgan Kaufmann, V. 1, 2 ed. p.532.

**APÊNDICE III: ARTIGO COMPLETO PUBLICADO NO IBERAMIA 2012**

Bez, Marta R. ; Flores, Cecília D. ; Fonseca, João M. L. ; Maroni, Vinicius ; Barros, Paulo R. ; Vicari, Rosa M. . Influence Diagram for Selection of Pedagogical Strategies in a Multi-Agent System Learning. In: Juan Pavón; Néstor Duque-Méndez; Rubén Fuentes-Fernández. (Org.). Lecture Notes in Computer Science. 1ed.Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2012, v. 7637, p. 621-630.

---

**13th Ibero-American Conference on Artificial Intelligence**

**IBERAMIA 2012**

**Cartagena de Indias, Colombia.**

**13-16 November 2012**

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

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

<sup>1</sup> Universidade Feevale, Novo Hamburgo – RS – Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre – 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 Influence Diagram 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 in the health field.

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.

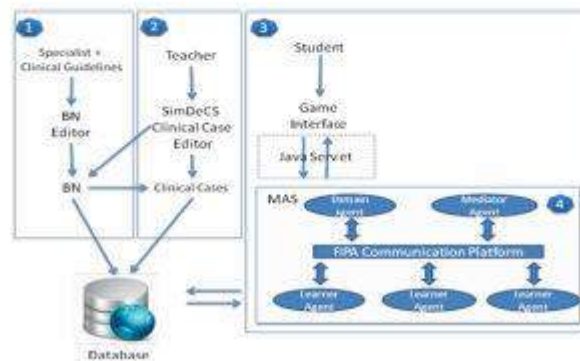


Fig. 1. Stages of the SimDeCS simulation construction.

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.

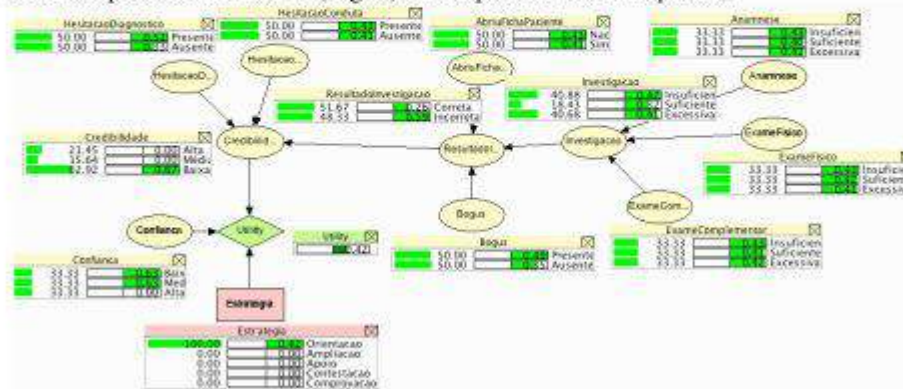


Fig. 2. Mediator Agent Influence Diagram for Pedagogical Strategy Selection.

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 **confiança** (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 as a construction worker 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) 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.

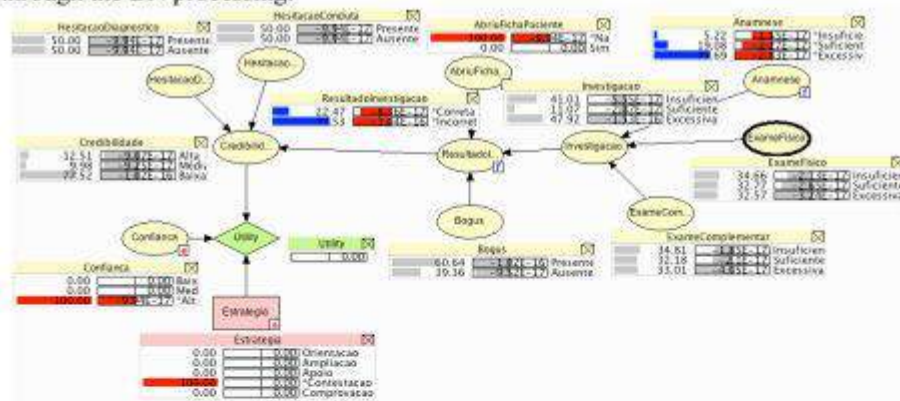


Fig. 3. Case study simulation results.

#### 4 Final Considerations

Our motivation relies on limitations detected on AMPLIA (Intelligent Probabilistic Multi-agent Learning Environment) [16], [17], [18], [19]. 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 re-

ceives 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 (a small number of alternatives) 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) [20] for the selection of pedagogical strategies to be executed by the Mediator Agent.

## **Bibliography**

1. CLEMEN, R. T. Making hard decisions: an introduction to decision analysis. Belmont, Duxbury Press, 1991. 557p.

2. SHACHTER, R. D. Evaluating Influence Diagrams. *Operations Research*, vol. 34, n. November-December, 1986, pg. 871-882.
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.* 2007; 14: 329-339.
4. GÓMES, M.; BIELZA, C.; POZO, J. A. F.; RÍOS-INSUA, S. A Graphical decision - theoretic model for neonatal Jaundice. *Medical Decision Making*, May, 2007, 27: 250-265.
5. LEE, R. C.; EKAETTE, E. KELLY, K. L.; CRAIGHEAD, P.; NEWCOMB, C.; DUNSCOMBE, P. Implications of cancer staging uncertainties in radiation therapy decisions. *Me. Decision Making*, May, 2006, 26: 226-238.
6. SUN, L.; ZENG, Y.; XIANG, Y. An influence diagram approach for multiagent time-critical dynamic decision modeling. *Lecture Notes in Computer Science*. 11th Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence, PRICAI 2010; August 2010.
7. ZENG, Y.; XIANG, Y. Time-critical decision making in interactive dynamic influence diagram. *Proceedings - 2010 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology, IAT 2010*, Toronto, August 2010.
8. LIU, H.; ZHANG, C.; WAN, Y. Research on information engineering surveillance risk evaluation based on probabilistic influence diagram. *ICIME 2010 - 2nd IEEE International Conference on Information Management and Engineering*, v. 5, pg. 362-366, July 2010.
9. ZIV, A.; BEN-DAVID, S.; ZIV, M. (2005) Simulation Based Medical Education: an opportunity to learn from errors. *Medical Teacher*, 27(3):193-199.
10. KINCAID, J. P.; HAMILTON, R. et al. *Modeling and Simulation: Theory and Applications*. Boston: Kluwer, 2004.
11. SCALESE, R. J; OBESO, V. T; S; ISSENBERG, Barry. Simulation Technology for Skills Training and Competency Assessment in Medical Education. *Journal of General Internal Medicine*. January; 23(Suppl. 1) 2008, pg. 46-49.
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). 2007. pg. 387-396.
14. KER, J.; BRADLEY, P. Simulation in medical education. In: *Understanding Medical Education – Evidence, Theory and Practice*. Wiley-Blackwell. 1<sup>st</sup> ed.
15. PEARL, J. *Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems*. Elsevier. 1988, v.1, 2 ed. p.552.
16. GLUZ, J.; VICARI, R.; FLORES, C.; SEIXAS, L. Formal Analysis of a Probabilistic Knowledge Communication Framework. In: *Advances in AI - IBERAMIA-SBIA*, 2006. Berlin: Springer-Verlag, Heidelberg, 2006, v. 4140/2006, pg. 138-148.
17. FLORES, C.; SEIXAS, L.; GLUZ, J.; VICARI, R. A Model of Pedagogical Negotiation. In: *Multi-Agent Systems: Theory and Applications Workshop - MASTA*, 2005, Covilhã. 12th Encontro Português de IA - EPIA 2005. Berlin: Springer Verlag, 2005. vol. 1.
18. FLORES, C., SEIXAS, L., GLUZ, J., PATRÍCIO, D., GIACOMEL, F., GONÇALVES, L., VICARI, R. (2005) *AMPLIA Learning Environment Architecture*. In: 13th International Conference on Computers in Education (ICCE2005), Singapore. Tokyo: IOS Press, pg. 662-665. 10.
19. FLORES, C., GLUZ, J., SEIXAS, L., VICARI, R. (2004) *Amplia Learning Environment: A Proposal for Pedagogical Negotiation*. In: *Proceedings of 6th International Conference on Enterprise Information Systems*. Porto, Portugal, vol. IV, pg. 279-286.
20. 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. vol. 04, pg. 493-497.

**APÊNDICE IV: ARTIGO COMPLETO PUBLICADO NO LACLO 2012**

BEZ, M. R. ; FLORES, C. D. ; VICCARI, R. M. ; Fonseca, J.M. ; Maroni, V. ; Barros, P.R. . Técnicas de Inteligência Artificial Amparando o Desenvolvimento de um Simulador de Casos Clínicos. In: LACLO - Séptima Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje, 2012, Guayaquil. Anais da Séptima Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2012. v. 1. p. 174-184.

The banner features a dark blue background with a white and yellow light streak at the top. The text is arranged in three lines: the title in large white letters, the conference name in three languages in smaller white text, and the location and dates in white text. On the right side, there is a stylized white silhouette of a city skyline with a prominent tower, and a colorful grid of squares in yellow, red, and blue. A white graphic of a person running is positioned at the bottom center, overlapping the city skyline.

# LACLO 2012

Séptima Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje  
Sétima Conferência Latino-Americana de Objetos e Tecnologias de Aprendizagem  
Seventh Latin American Conference on Learning Objects and Technologies

Guayaquil, Ecuador  
8 - 12 de octubre, 2012

## 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.Hj; 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 referiram 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	Video	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
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.

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 randômicas 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 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.

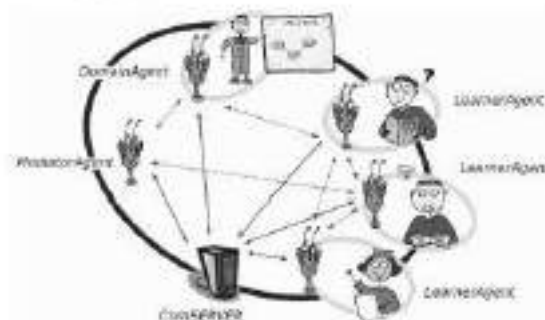


FIGURA 3. Exemplo de Ambiente Multiagente [12]

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, as quais 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 modos 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.

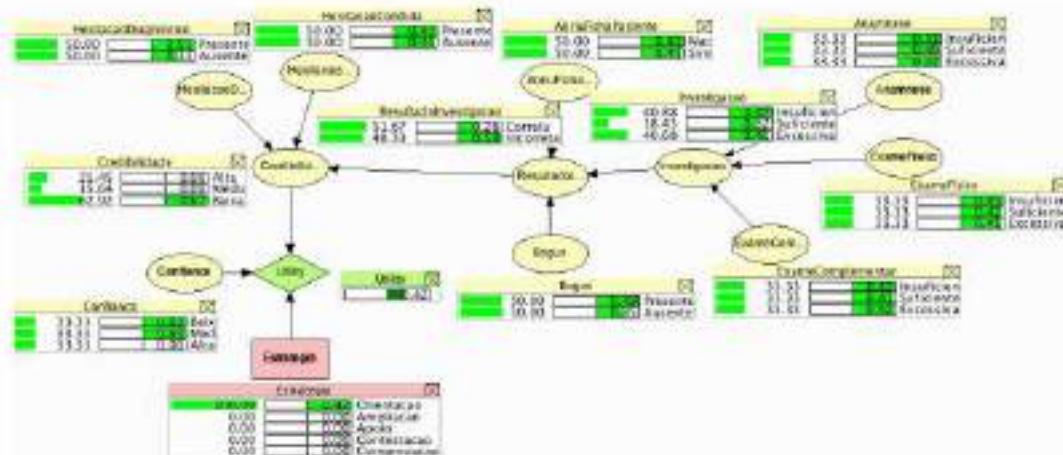


FIGURA 5. Diagrama de Influência utilizado no SimDeCS para seleção da estratégia pedagógica

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)
- Dois 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)
- Dois 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 mestre 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 revija 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 deste 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 do 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 diagnóstica 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 cefaléia, 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 incorretas 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.
- CHAKRAYARTHY, 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 Português de Inteligência 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, Cecília Dize; SEIXAS, Louise. Formal Analysis of a Probabilistic Knowledge Communication Framework. In: *Advances in Artificial Intelligence - IBERAMIA-SBLA, 2006*. Berlin: Springer-Verlag, Heidelberg, 2006, v. 4140/2006.p.128-148.
- 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?id=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.; GIACÓMEL, 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.; VICARI, R. M. (2004) **Amplio 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.; BAL, 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 V: ARTIGO COMPLETO PUBLICADO NO WORKSHOP WEESAC 2011

Barros, P.R. ; Erhardt, E. ; BEZ, M. R. ; Cazella, S.C. ; FLORES, C. D. . Framework para Re-engenharia do Ambiente AMPLIA. In: Workshop-Escola de Sistemas de Agentes, seus Ambientes e ApliCações - WESAAC 2011, 2011, Curitiba. Workshop-Escola de Sistemas de Agentes, seus Ambientes e ApliCações. Curitiba: SBC - Sociedade Brasileira de Computação, 2011.



## Framework para Re-engenharia do Ambiente AMPLIA

Paulo Ricardo M. Barros<sup>1</sup>, Elton Erhardt<sup>1</sup>, Marta R. Bez<sup>2</sup>, Sílvia Cazella<sup>1</sup>, Cecília D. Flores<sup>1</sup>

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

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

pbarros1979@gmail.com, eerhardt@terra.com.br, martabez@feevale.br,  
silvioc@ufcspa.edu.br, dflores@ufcspa.edu.br,

**Abstract.** *The AMPLIA - Probabilistic Multiagent Learning Environment is an educational tool aimed at creating an additional resource for assistance to medical education, supporting the development of diagnostic reasoning. The first version has some limitations when it comes to access only local network (LAN) as a function of the applied technologies, as well as provide the student with an unfriendly interface. In order to use technologies involving the use of Internet resources, and to propose an interface for a serious game, we developed a new technology framework that will enable the provision of knowledge to other universities*

**Resumo.** *O AMPLIA – Ambiente Multiagente Probabilístico de Aprendizagem, é uma ferramenta pedagógica com o objetivo de tornar-se um recurso adicional para o auxílio à Educação Médica, apoiando o desenvolvimento do raciocínio diagnóstico. A primeira versão possui algumas limitações no que tange ao acesso apenas em rede local (LAN) em função das tecnologias aplicadas, além de oferecer ao aluno uma interface pouco amigável. Com o intuito de utilizar tecnologias que comportem o uso de recursos da internet, assim como propor uma interface de um jogo computacional, foi desenvolvida uma nova estrutura tecnológica que possibilitará a disponibilização do conhecimento às demais universidades.*

### 1. Introdução

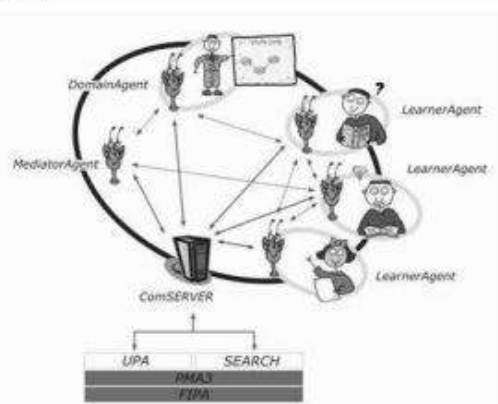
Atualmente, existem inúmeros recursos pedagógicos à disposição de educadores e educandos, através do uso de ambientes virtuais de aprendizagem colaborativa. Cada ferramenta tem como foco uma determinada área do conhecimento, em virtude de adequar-se melhor ao resultado obtido.

Um ambiente virtual de aprendizagem colaborativo tem como principal objetivo disponibilizar um espaço de cooperação para construção de conhecimento, com o intuito de desenvolver atividades educativas.

Na formação da área médica isto não é diferente, contudo, nesta, o conhecimento envolve domínios incertos, onde o aluno deve construir um raciocínio lógico traçado através de variáveis, sintomas apresentados pelo paciente, a fim de definir um possível diagnóstico da doença apresentada. Atualmente, os principais recursos de informática utilizados para desenvolver este raciocínio lógico são as listas de discussão, chats e teleconferências (FLORES, 2005).

Com o objetivo de criar um recurso adicional para auxílio à educação médica, apoiando o desenvolvimento do raciocínio diagnóstico, desenvolveu o AMPLIA. Este é um ambiente aberto, em que o aluno constrói um modelo gráfico da representação de sua hipótese, que leva ao diagnóstico para um dado caso clínico.

O AMPLIA é um ambiente multiagente constituído por três tipos de agentes cognitivos (Agente APRENDIZ, Agente MEDIADOR e Agente de DOMÍNIO). Estes mantêm uma comunicação com um servidor (ComServer) (FLORES, 2005). Esta estrutura vale-se também do uso de uma interface de comunicação com um editor de redes bayesianas – o SEAMED (FLORES, 2002). Os agentes fazem uso dos recursos de comunicação em rede, viabilizados através de uma biblioteca denominada FACIL (GLUZ, 2002). Esta biblioteca foi desenvolvida baseada nos padrões FIPA-ACL (comitês técnicos responsáveis pela elaboração dos padrões para uma linguagem de comunicação entre agentes) (GLUZ, 2005), sendo a responsável pela troca de mensagem entre os agentes.



**Figura 1 – Estrutura multiagente do Amplia (Flores 2005)**

Nesta estrutura (Figura 1), o Agente APRENDIZ é responsável por enviar informações geradas pelo aluno, o qual desenvolve uma rede bayesiana através do seu raciocínio lógico por meio do caso clínico apresentado. Já o Agente de DOMÍNIO tem a função de comparar a rede construída pelo aluno com a rede construída pelo especialista, que deve identificar os prováveis conflitos. O resultado gerado é então encaminhado para o Agente MEDIADOR, que será responsável pela seleção das estratégias pedagógicas mais convenientes para auxílio ao correto diagnóstico (FLORES, 2005).

Esta estrutura está limitada ao uso em uma rede local em função das tecnologias aplicadas. Contudo, a proposta é a sua re-engenharia para uso de tecnologias que comportem os recursos desejados, para o novo ambiente. Com isto, aumenta-se a abrangência e alcance, possibilitando expandir o conhecimento às demais universidades e encurtando distâncias, permitindo a criação de uma grande rede de repositórios com diagnósticos e casos clínicos à disposição de acadêmicos da área da saúde.

Outra grande limitação no ambiente diz respeito aos agentes APRENDIZ e de DOMÍNIO, que fazem uso de recursos diretamente ligados a construção e avaliação de das Redes Bayesianas. Partindo de um relato textual de um caso clínico, o educando constrói seu raciocínio diretamente através da confecção da estrutura topográfica da rede, criando as possibilidades diagnósticas, o mesmo processo é realizado pelo

especialista do domínio para construção da rede de referência, este processo exige um conhecimento prévio de diagramas de relações causais de Redes Bayesianas tanto do especialista quanto do educando. A necessidade deste tipo de conhecimento técnico acaba por ser um ponto de dificuldade na sua utilização, uma vez que o público alvo é formado por profissionais da área da saúde, não habituados a representações gráficas como grafos acíclicos orientados.

Nas seções seguintes são apresentadas as tecnologias adotadas na nova versão do ambiente AMPLIA e que, a partir de agora denominar-se-á SimDeCS (**S**imuladores **I**nteligentes para a **T**omada de **D**ecisão em **C**uidados de **S**aúde), o protótipo desenvolvido e as conclusões.

## 2. Alterações necessárias

A nova versão do AMPLIA, denominada SimDeCS, deve manter quase todas as funcionalidades e estruturas já empregadas no projeto original; porém, é desejado que a nova estrutura utilize ferramentas de desenvolvimento livre que comportem os requisitos e facilitem a interação tanto do educando com o ambiente, quanto do especialista na modelagem dos casos clínicos. Para isto propõem-se a utilização de uma linguagem específica de domínio própria para a construção de casos clínicos (VR-MED)(MOSSMANN, 2010), e a substituição da linguagem de programação, que no sistema original foi DELPHI, para JAVA (SUN, 2009); com intuito de facilitar a comunicação através da web, já que esta linguagem traz um aporte de recursos técnicos que comportam todos os requisitos mencionados.

Java é uma linguagem de alto nível, com sintaxe extremamente similar à de outras linguagens conhecidas como C++, muitas das suas características são herdadas de outras linguagens, como Smalltalk e Modula-3. É antes de tudo uma linguagem simples, fortemente tipada, independente de arquitetura e ambiente a ser empregados, robusta, segura, extensível, bem estruturada e distribuída sob licença de Software Livre, sob os termos da GNU *General Public License* (GPL).

O sistema AMPLIA, apesar de possuir grande volume de publicações, teses, dissertações, trabalhos de conclusão e “*papers*”, carece de documentação técnica. Outro fator importante a ser destacado é o fato de ter sido desenvolvido em partes, por “muitas mãos”, sem uma padronização.

A seguir são apresentadas algumas tecnologias e estudos detalhados de recursos sugeridos para a seqüência do projeto, como: Framework Hibernate (utilizado para persistência e comunicação com o banco de dados), IDE'S para desenvolvimento (ferramenta utilizada para codificação do software) e o uso do framework Jade, para a comunicação entre os agentes.

## 3. Framework de comunicação com banco de dados

Uma das características desejáveis para o novo sistema refere-se ao fato de ser uma aplicação independente do banco de dados, justamente por não se saber qual banco será utilizado ao final do projeto. Desta forma, não poderá haver regras do negócio aplicadas ao banco, fato que restringiria o ambiente de forma expressiva; uma das soluções

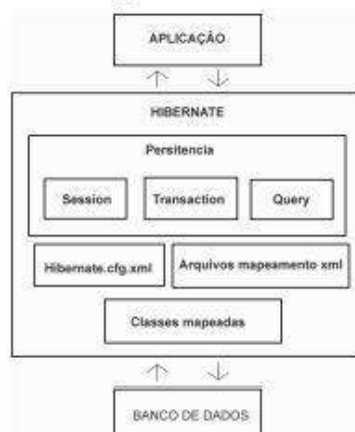
encontradas foi trabalhar na camada de persistência com um Framework que facilite e abstraia facilmente a camada da aplicação da camada do banco de dados.

O projeto Hibernate é ambicioso e pretende ser uma solução completa para o problema de gerenciamento de dados persistentes com JAVA. Ele cria uma interação do aplicativo com um banco de dados relacional, deixando o desenvolvedor livre para se concentrar nas regras de negócio (Bauer e King, 2005).

O Mapeamento Objeto/Relacional (ORM) é uma solução automatizada para aproximar os dois contextos: orientado a objetos e o relacional. O Hibernate é um framework de desenvolvimento da camada de persistência totalmente implementado em Java que adota a abordagem ORM. Tem como objetivo proporcionar uma elaboração de software, orientado a objetos para uma camada do software considerada crítica a qualquer sistema que necessite de uma persistência (FERREIRA, 2006).

O principal diferencial de uma aplicação que utiliza os métodos tradicionais de comunicação através de uma API JDBC (JDBC, 2009) e com o uso do Framework Hibernate, diz respeito à produtividade, manutenção e à independência do banco de dados, pois este atua diretamente entre a aplicação e o banco de dados (Figura 2).

O banco de dados dará suporte a todos os agentes que compõem o sistema, em virtude de concentrar todas as informações das redes bayesianas e os casos clínicos reais utilizados para avaliação qualitativa e quantitativa das redes.



**Figura 2 – Estrutura básica do funcionamento do Hibernate**

O uso do Hibernate garante uma maior produtividade e menor manutenção, pois possibilita menor número de códigos escritos em função de não ter uma preocupação do programador quanto à persistência destes dados. Por consequência, sua manutenção é facilitada e a possibilidade de erros reduzida.

Com o uso desta tecnologia, o programador pode trabalhar com o banco de dados com os conceitos de orientação a objetos (Herança e Polimorfismo), mesmo sendo um banco de dados puramente relacional.

Para realizar a consulta aos dados, o HIBERNATE oferece como recurso uma linguagem própria para consulta o HQL, HIBERNATE Query Language. O HQL é uma linguagem de consulta muito semelhante ao SQL, porém, quando efetuada uma consulta HQL, está sendo realizada uma pesquisa na classe correspondente à tabela a ser

pesquisada, e desta maneira, o HIBERNATE se encarrega de traduzir e alimentar a classe com os dados pesquisados.

A quebra de paradigma talvez seja o ponto culminante para o uso desta tecnologia, pois o programador tem que alterar a forma tradicional de raciocínio, quando se trata de acesso a dados em um banco de dados. Desta maneira, não acessa mais diretamente as tabelas, o ingresso ocorre apenas a Classe e, por conseguinte, o HIBERNATE se encarrega de gerenciar e acessar a respectiva tabela do Banco de dados.

#### **4. IDE para desenvolvimento**

Partindo do princípio do qual a linguagem para desenvolvimento, JAVA, já havia sido definida pelo grupo de pesquisa, houve a necessidade de escolher uma IDE de desenvolvimento. Esta escolha foi baseada nas facilidades e no perfeito casamento entre a linguagem e os Frameworks que serão utilizados.

As ferramentas Netbeans e Eclipse são consideradas, em muitos fóruns e artigos publicados, ferramentas muito procuradas dentre os evangelistas da linguagem Java, não sendo as únicas, mas sim as principais.

Dentre as ferramentas escolhidas existem algumas particularidades diferenciais que podem facilitar e até mesmo definir o sucesso do desenvolvimento. Para sua escolha, levaram-se em consideração alguns aspectos que seriam de vital importância para que o desenvolvimento fosse executado da melhor forma possível.

A escolha da mesma foi baseada nos benefícios encontrados nas ferramentas nos quesitos de maior interesse para o futuro desenvolvimento, portanto, aqui serão apresentados os principais benefícios da ferramenta escolhida para o desenvolvimento do agente.

O NetBens possui suporte para execução em ambiente Windows, Linux e MacOS. Sua configuração é extremamente simples, sendo facilmente instalado e executado. Possui uma ampla documentação, em diversos idiomas, inclusive com suporte direto.

Como destaque em seus recursos para desenvolvimento, faz-se importante citar seu excelente editor para desenvolvimento de aplicações visuais - Swing ou AWT, como também para aplicações web (JSP, Servlets, etc.). Conta com uma interface rica em recursos e de fácil utilização, oferecendo componentes de interface, que podem ser "arrastados para o Form", posteriormente configurados com uma interface gráfica e utilitários que facilitam e agilizam o desenvolvimento, seguindo o mesmo padrão para uso de ferramentas pagas muito populares, como o Visual Estúdio da Microsoft.

A ferramenta ainda oferece um recurso interessante, que vale ser destacado, o gerenciador de módulos *plug-ins*. Um recurso que permite o desenvolvedor realizar a atualização, alteração ou exclusão dos módulos integrados ao ambiente de desenvolvimento de forma dinâmica, mantendo a consistência, dinamismo e compatibilidade do ambiente de desenvolvimento, com isto garantindo a estabilidade do projeto como um todo.

Através do gerenciador de módulos, a ferramenta realiza uma conexão com o centro de atualizações do grupo NetBeans.org e executa uma verificação da existência

de atualização em algum módulo previamente instalado na ferramenta do usuário. Caso alguma alteração de versão seja detectada ou um novo módulo seja inserido no repositório, o desenvolvedor é alertado e deve marcar a opção de atualização ou não. Dessa forma, caso selecionada a opção de atualização, a ferramenta se encarrega de atualizar a versão do módulo automaticamente para o usuário, realizando o download e instalação do mesmo (CARVALHO; BATISTA; ULBRICH, 2007 apud SEVERO, 2009).

A interface com o usuário do NetBeans é muito semelhante ao do Eclipse, porém, nativamente ele oferece uma gama muito maior de recursos para o desenvolvimento em Java, como conectividade e manipulação de servidores web e de Data Bases. O uso de um bom editor gráfico para desenvolvimento de interfaces facilita e agiliza o desenvolvimento, eliminando perda de tempo com trabalho extremamente braçal e mecânico.

Um detalhe interessante observado foi a facilidade de integração e uso do plugin do Hibernate, completando com o recurso de Wizard, oferecendo uma excelente ferramenta de configuração e de engenharia reversa para extração das tabelas e definições do banco de dados

## **5. Framework de comunicação JADE**

Um ponto crucial e de extrema relevância para o desenvolvimento, servindo como motivação para a proposta de reestruturação do ambiente AMPLIA, é a comunicação entre agentes com o uso de protocolos através da internet. No projeto original esta comunicação era limitada a rede local, devido a limitações tecnológicas da biblioteca FACIL, citada anteriormente.

Para corrigir esta limitação, é sugerido o uso da biblioteca JADE (*JAVA Agent DEvelopment framework*), um framework de comunicação por troca de mensagens para agentes. Jade propõe ser uma solução completa para comunicação simplificando o desenvolvimento e fornecendo um framework completo de métodos e ferramentas que trata da comunicação, monitoração e execução de atividades entre os agentes. A biblioteca foi desenvolvida na universidade de Parma na Itália, é distribuída de forma open source, sob licença LGPL (*Lesser General Public License*).

Sistemas Multiagentes são sistemas constituídos de múltiplos agentes que interagem ou trabalham em conjunto de forma a realizar um determinado conjunto de tarefas ou objetivos. Esses objetivos podem ser comuns a todos os agentes ou não. Os agentes dentro de um sistema multiagente podem ser heterogêneos ou homogêneos, colaborativos ou competitivos, etc. Ou seja, a definição dos tipos de agentes depende da finalidade da aplicação que o sistema multiagente está inserido (SILVA 2003).

A JADE foi escrita em JAVA devido a características particulares da linguagem, particularmente pela programação orientada a objeto em ambientes distribuídos heterogêneos. Foram desenvolvidos tanto pacotes JAVA com funcionalidades prontas para uso, quanto interfaces abstratas para se adaptar de acordo com a funcionalidade da aplicação de agentes (BELLIFEMINE 2003, apud SILVA 2003).

A biblioteca JADE cumpre todas as especificações e requisitos desejáveis para a substituição da biblioteca FACIL, sem que haja perda de funcionalidades exigidas para

a comunicação entre os agentes do ambiente AMPLIA, uma vez que a biblioteca é neutra na definição do agente, dando toda e qualquer liberdade para sua definição.

Seu uso facilita o desenvolvimento e a implementação do sistema multiagente, garantindo um padrão de interoperabilidade entre o sistema Amplia, onde toda a sua comunicação é feita por troca de mensagens, garantindo uma independência entre os agentes.

Outro requisito importante na pesquisa, foi a sua fácil implementação e utilização dentro da IDE de desenvolvimento, facilitando seu uso e exploração de recursos, uma vez que os testes e implementações são facilitados pela sua vasta documentação e simplicidade de implementação, e que podem ser distribuídos por estações e controlados remotamente através de sua ferramenta de *debugging*.

## 6. VR-MED

O SimDeCS é um ambiente de aprendizado multiagente na área da saúde. Sua utilização parte da formulação de casos de variáveis graus de complexidade pelo tutor através de ambiente web, trabalhando com a linguagem de domínio específico (DSL) de alto nível VR-MED.

A DSL VR-MED (MOSSMANN, 2010) foi concebida para que programadores e projetistas, apoiados por uma notação própria e simples, especifiquem características do caso de estudo em questão. Essa notação procura representar as características presentes do domínio nos casos clínicos da área da saúde e, além disso, prover o suporte para a execução destes, tal como um jogo de computador (Serious Game).

Subjacente à linguagem, as situações clínicas são expressas na forma unitária de redes bayesianas múltiplas seccionadas (MSBN). Durante o processo de modelação da situação de estudo por parte do tutor, 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.

## 7. Protótipo

Com a utilização das tecnologias mencionadas, pode-se desenvolver um novo protótipo do ambiente sob uma nova estrutura tecnológica (figura 4).

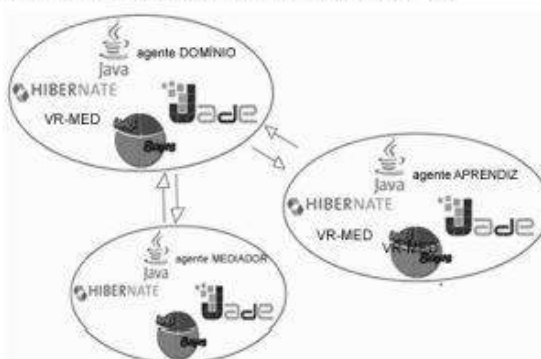
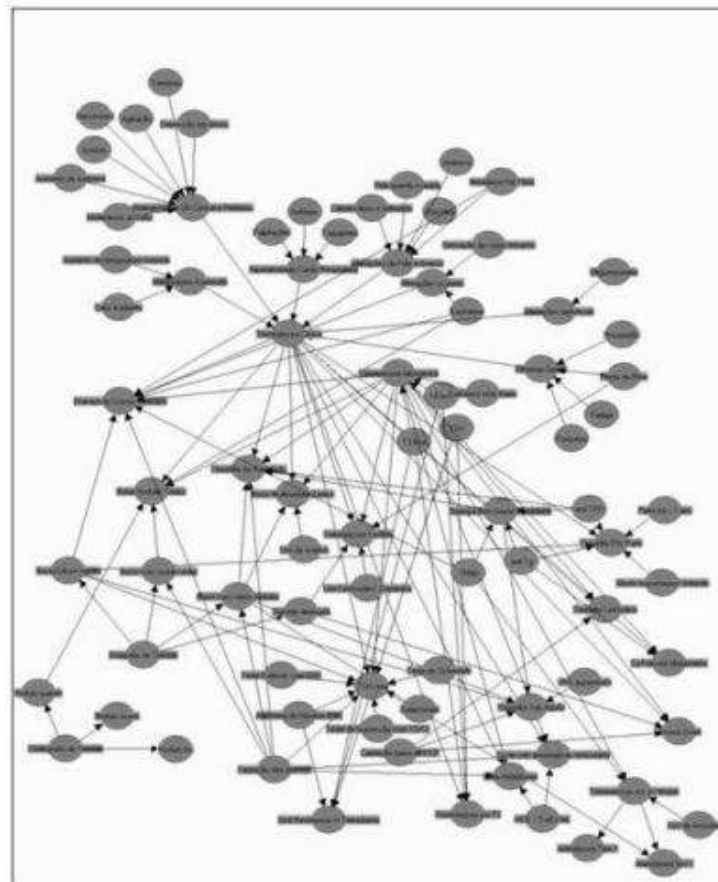


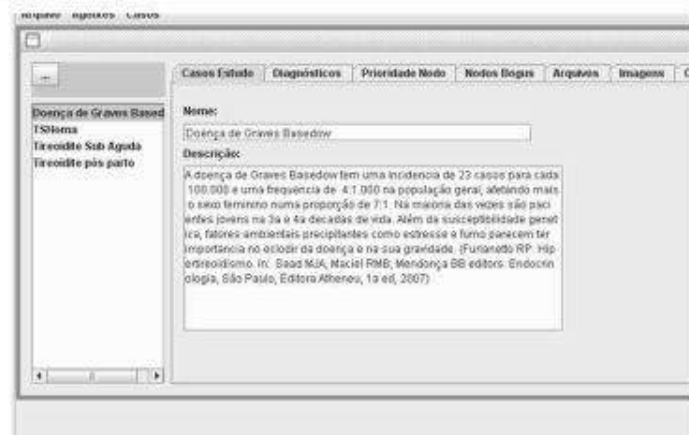
Figura 4 – Estrutura tecnológica.

A seguir serão apresentadas algumas interfaces desenvolvidas com as tecnologias mencionadas.



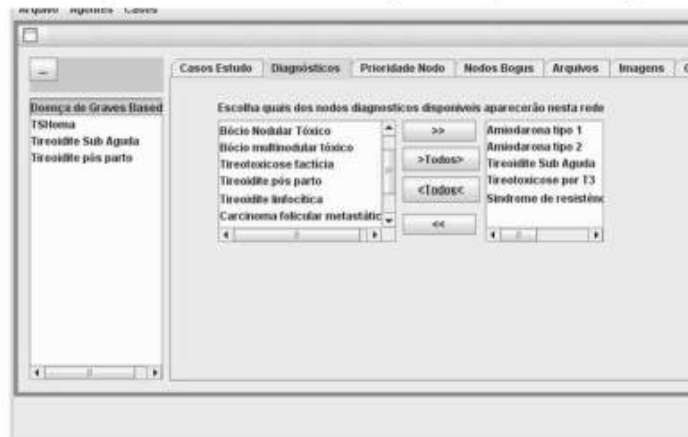
**Figura 5 – Doenças da tireóide**

A rede bayesiana desenvolvida pelo especialista (Figura 5) e a base de dados com casos reais, formam o conhecimento ao qual o agente de DOMINIO fará uso. Desta forma, este agente é responsável pela avaliação da rede bayesiana desenvolvida pelo aluno. Esta avaliação é feita através de verificações qualitativas e quantitativas da rede gerada pelo aluno.



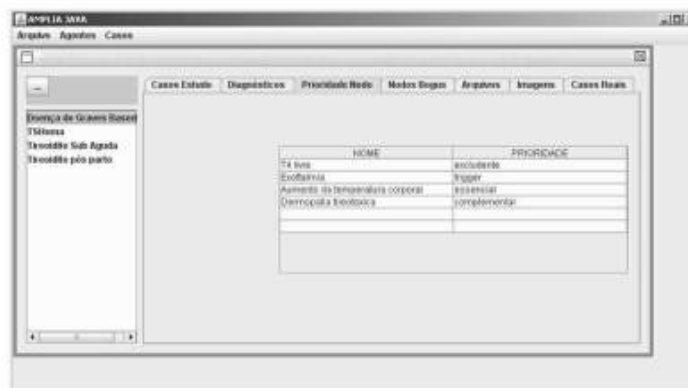
**Figura 6 – Dados gerais - interface de seleção do caso de estudo**

A tela de Dados Gerais (Figura 6) apresenta as características descritivas do caso, bem como o local onde se encontra a rede gerada. Através dela é possível visualizar o nome do caso e uma breve descrição. Estes campos são puramente descritivos, servindo apenas como informativo para o especialista e para o aluno.



**Figura 7 – Diagnosticos possíveis - interface de seleção de diagnosticos**

A tela de diagnosticosPossíveis (Figura 7) apresenta os diagnósticos que estarão disponíveis para o aluno que irá modelar sua rede bayesiana. Através desta tela o especialista poderá definir quais os diagnósticos possíveis para um determinado caso de estudo.



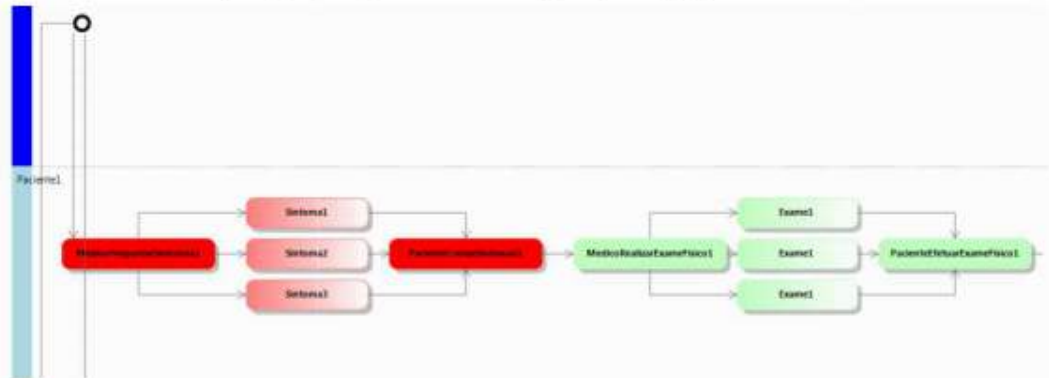
**Figura 8 – Prioridadenodo - interface de seleção e definição de prioridade dos nodos**

Através da interface Prioridade Nodo (Figura 8), serão definidas as propriedades que assumirá o nodo na rede, como complementar, essencial, excludente ou *trigger*.

No Agente de DOMÍNIO é realizada a modelagem do problema (casos clínico) por um especialista de domínio (médico, cirurgião dentista, agente de saúde, etc.) através da DSL VR-MED utilizando uma notação visual na forma de um diagrama o qual dispensa profundos conhecimentos da área de informática por parte do especialista (Figura 9). Neste diagrama é possível especificar os detalhes do caso clínico em

questão, assim como os personagens (pacientes, médicos, familiares, etc.) que participam do caso.

A partir deste diagrama originam-se Redes Bayesianas Múltiplas Seccionadas as quais constituem um repositório a ser utilizado pelos demais agentes. Este repositório, quando da modelagem do caso de estudo, poderá originar uma ou mais BN (um ou mais problemas) para um mesmo personagem ou para diferentes personagens do mesmo exercício proposto pelo tutor. A rede modelada previamente servirá para balizar as consultas do Agente MEDIADOR durante a execução do exercício pelo educando e, baseado nessa comparação, disparar as estratégias pedagógicas.



**Figura 9 - Diagrama VR-MED utilizado pelo Agente de DOMÍNIO**

O Agente APRENDIZ é representado através de um jogo computacional (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 10).



**Figura 10 - Serious Game do Agente APRENDIZ**

A escolha das ações a serem tomadas (anamnese, exame físico, exame complementar, atuações de outras naturezas) pode ou não disparar diferentes estratégias pedagógicas na interface do Agente APRENDIZ originadas por parte do Agente MEDIADOR, destacando-se as estratégias de orientação ou retomada de rumo, as de

reforço. Essas estratégias podem estar ocultas na forma de atitudes ou diálogos dos diferentes personagens da interface.

Os Serious Game, relatados acima, 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).

## 6. Conclusão

Inicialmente se buscou aporte teórico nos dados sobre o projeto AMPLIA, ao qual este trabalho está inserido, sendo destacados pontos importantes sobre o mesmo, como seu funcionamento, sua estrutura e os princípios educacionais envolvidos na sua construção.

Faz-se necessário destacar que as tecnologias sugeridas não são únicas, porém foram as que apresentaram maior eficácia para o desenvolvimento, devido à grandiosidade do projeto, e com desenvolvimento distribuído, faz-se necessário uma padronização para que seja alcançado sólido alicerce. O mercado atual oferece inúmeras possibilidades de ferramentas para o desenvolvimento, porém através deste estudo procurou-se trilhar um caminho para facilitar e padronizar, garantindo com isto o sucesso no seu desenvolvimento.

O resultado obtido neste trabalho foi então a proposta de reestruturação tecnológica do Ambiente AMPLIA para ser executado com recursos de comunicação através da web, utilizando a IDE Netbeans, com o framework Hibernate, usando a plataforma de comunicação de agentes, Jade e a utilização da plataforma VR-MED para interface dos agentes.

## Referências

- CARVALHO, Lucas Simões de; BATISTA, Marcel Cunha; ULBRICH, Vinicius . ANÁLISE DE FERRAMENTAS PARA DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES PARA SISTEMA OPERACIONAL SYMBIAN. 2007. - Universidade do Estado de Santa Catarina/Centro de Ciências Tecnológicas – UDESC/CCT , Santa Catarina.
- FERREIRA, Paulo André. DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO WEB PARA O CONTROLE INTERNO DE PROTOCOLOS DA ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO - ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO. Disponível em: <<http://dsc.upe.br/~tcc/20061/PauloAndreFerreira.pdf>> Acesso em: jun. 2009
- FIPA – Foundation For Intelligent Physical Agents. Disponível em <<http://www.fipa.org>> Acesso em: maio. 2010
- FLORES, C. D. Fundamentos dos Sistemas Especialistas Organizado por: Dante Augusto Couto Barone Sociedades Artificiais: A Nova Fronteira da Inteligência nas Máquinas:ed. 1 ed., Porto Alegre:, Bookman (ArtMed), 2002, v. 1, p. 127-154.
- FLORES, Cecília D. Negociação Pedagógica Aplicada a um Ambiente Multiagente de Aprendizagem Colaborativa. 2005. 121p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, PPGC / UFRGS, Porto Alegre.

- GLUZ, J. C. A Biblioteca FACIL (FIPA-ACL Interface Library): Uma Avaliação das Plataformas de Comunicação FIPA e Especificação de uma Interface de Programação FIPA Independente de Linguagem de Programação. Porto Alegre: PPGC - Instituto de Informática - UFRGS, 2002 (Trabalho Individual em Nível de Doutorado).
- GLUZ, J. C. Formalização de Comunicação de Conhecimentos Probabilísticos em Sistemas Multiagentes: Uma Abordagem Baseada em Lógica Probabilística. 2005. 237f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.
- JADE. Java Agent Development Framework. Disponível em: < <http://jade.tilab.com/>> Acesso em: mar. 2009.
- JDBC – API JDBC – Disponível em: <<http://java.sun.com/products/jdbc/download.html>> Acesso em: out. 2010.
- LOZANO F. Persistência com Hibernate. Java Magazine, Ed. 28, p. 18-28, 2006.
- MORAIS, A. M., 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.
- MOSSMANN, J. B., MARONI, V.; DAHMER, A.; FLORES, C. D.; PINHO, M. 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.
- NETBEANS. – NetBeans open-source and free IDE. Disponível em: < <http://www.netbeans.org/>>. Acesso em: jul. 2010.
- SEAMED. Sistemas especialistas para a área médica. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/~dflores/seamed/default.htm/>> Acesso em: mar. 2010.
- SILVA, Carolina Fernanda. - ANÁLISE E AVALIAÇÃO DO FRAMEWORK HIBERNATE EM UMA APLICAÇÃO CLIENTE/SERVIDOR. Disponível em : <<http://bibdig.poliseducacional.com.br/document/?down=8> em 15/10/2010> Acesso em: set. 2009.
- SILVA, Leonardo Ayres de Moraes. Estudo e Desenvolvimento de Sistemas Multiagentes usando JADE: Java Agent Development framework - Monografia de Conclusão de Curso - Universidade de Fortaleza – UNIFOR
- SUN Microsystems. Java. Disponível em: <[HTTP://java.sun.com/](http://java.sun.com/)>. Acesso em: 09 nov. 2008.

## APÊNDICE VI: ARTIGO RESUMIDO PUBLICADO NO WORKSHOP WEESAC 2011

Maroni, V. ; Mossmann, J.B. ; Barros, P.R. ; Fonseca, J.M. ; Zanatta,E. ; Erhardt, E. ; Dahmer, A. ; Cazella, S.C. ; FLORES, C. D. . SimDeCS: Arquitetura de um Sistema Multiagente para Simulação de Tomadas de Decisão em Cuidados de Saúde. In: Workshop-Escola de Sistemas de Agentes, seus Ambientes e ApliCações - WESAAC 2011, 2011, Curitiba. Workshop-Escola de Sistemas de Agentes, seus Ambientes e ApliCações. Curitiba: SBC - Sociedade Brasileira de Computação, 2011.



## 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>, Sílvio César Cazella<sup>1</sup>, Alessandra Dahmer<sup>1</sup>, Cecília Dias 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, silvioc@ufcspa.edu.br, adahmer@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, the technologies involved, 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, as tecnologias envolvidas, 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. Este framework visa a construção de simuladores alinhados pedagogicamente com a metodologia de ensino baseada em problemas e que possam ser aplicados em ambientes de educação à distância.

Neste projeto, as questões relacionadas à pesquisa possuem um cunho aplicado e estão vinculadas ao desenvolvimento de simuladores destinados ao processo de ensino-aprendizagem e de tomada de decisões em ambientes de domínio incerto, onde a incerteza é modelada e tratada por meio da teoria de redes probabilísticas.

Para tanto, as principais áreas de pesquisa envolvidas são: Sistemas Multiagentes e Inteligência Artificial Distribuída, com destaque para as áreas de aquisição de conhecimento, coordenação de agentes e distribuição de tarefas, análise multicritérios para tomada de decisão.

Em síntese, o projeto SimDeCS (Simuladores Inteligentes para a Tomada de Decisão em Cuidados de Saúde) consiste em um ambiente virtual de aprendizagem para a área da saúde, a ser utilizado com fins pedagógicos, possibilitando ao docente a modelagem de casos clínicos e a simulação de sua investigação por parte do discente, como recurso complementar ao seu processo de aprendizado.

## 2. Justificativa e Relevância

As simulações de casos clínicos são consideradas ferramentas muito poderosas na educação de profissionais de saúde, de acordo com a Organização Pan-Americana de Saúde (Ref: Relatório Técnico 02 / BR CNT 0900487.001).

Este projeto se justifica pela necessidade de se padronizar os procedimentos para utilização de simulações nos cursos da Universidade Aberta do SUS, possibilitando que toda produção nesse sentido possa ser utilizada livremente, em iniciativas de educação presencial e a distância, em formato interoperável, ou seja, plataforma-independente.

Conforme Kincaid et al., a simulação traz vantagens consistentes para o ambiente de aprendizado em geral, com especificidades aplicáveis para o ensino médico como:

- Auxiliar o estudante a compreender relações complexas que de outra forma demandariam equipamentos caros ou experimentos potencialmente perigosos;
- Permitir a aplicação de conhecimentos científicos e técnicos de maneira integrada e simultânea
- Permitem ao estudante buscar novos métodos e estratégias para a solução do problema em estudo
- Fornecer um ambiente aproximado da realidade para treinamento e reforço de conhecimento adquirido
- Reduzir o risco do aprendizado em situações reais

Simuladores em geral e, em especial, na área médica, permitem com facilidade estimar, paralelamente à tomada de decisões, o impacto econômico das estratégias utilizadas. Podem-se avaliar, em paralelo, árvores de decisão com resultados finais sobreponíveis e considerar o impacto econômico de cada uma delas separadamente. O ensino abrange, assim, não somente decisões assistenciais, mas se completa com cenários mais realistas de limitação ou não de recursos e viabilidade econômica das decisões simuladas.

Para o aluno, uma abordagem com tais características pode fornecer uma forma de cotejar o aprendizado com a tomada de decisão, comparativamente a padrões-ouro validados. Do ponto de vista do professor, pode fornecer uma avaliação quantitativa do processo de aprendizado do aluno e amadurecimento nas tomadas de decisão. Para o paciente, quaisquer recursos que incrementem o conhecimento do profissional e sejam seguros, são adequados.

Além disso, a formação e a capacitação de pessoal em saúde devem estar associadas às adequações dos modos de atenção a saúde, criando-se, dessa forma, os cenários propícios à aprendizagem à organização da cadeia do cuidado em saúde. Neste contexto, entendem-se os cenários de aprendizagem como a incorporação e a intersecção de métodos didático-pedagógicos; de áreas de práticas e vivências; de utilização de tecnologias e habilidades cognitivas e psicomotoras; de valorização dos preceitos morais e éticos, orientadores de condutas individuais e coletivas; de organização do processo de trabalho (Maris, 2004).

O projeto SimDeCS representa, portanto, uma importante oportunidade para estabelecer um consórcio que integrará competências distintas existentes.

### 3. O Funcionamento do SimDeCS

O SimDeCS é um ambiente de aprendizado multiagente na área da saúde. Sua utilização parte da formulação de casos clínicos de variáveis graus de complexidade 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 e projetistas, apoiados por uma notação própria e simples, especifiquem características do caso de estudo em questão. Essa notação é uma notação gráfica que procura representar as características presentes no domínio nos casos clínicos da área da saúde e, além disso, 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. Para cada rede existem os recursos de definir nodos triggers, essenciais, complementares, excludentes e de efeito nulo. A avaliação do jogador se dá na percepção e escolha dos nodos considerados essenciais e não essenciais, na evitação dos nodos de efeito nulo, em uma avaliação concomitante ao jogo do tempo requerido pelas escolhas do jogador e do custo acumulado de suas sucessivas decisões. Motores de aleatoriedade, dispersos conforme a pertinência de sua presença nas diferentes redes, permitem variações nos sucessivos percursos dos casos.

O ambiente é composto por 3 agentes, como será descrito na próxima seção. As sucessivas ações do Agente APRENDIZ são avaliadas pelo Agente MEDIADOR, levando em conta a caracterização a priori dos nodos da BN como trigger, essenciais, complementares, não essenciais, mas potencialmente úteis e sem utilidade clara. O Agente MEDIADOR usa esses atributos para disparar auxílios pedagógicos ao Agente APRENDIZ durante o percurso da rede.

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.

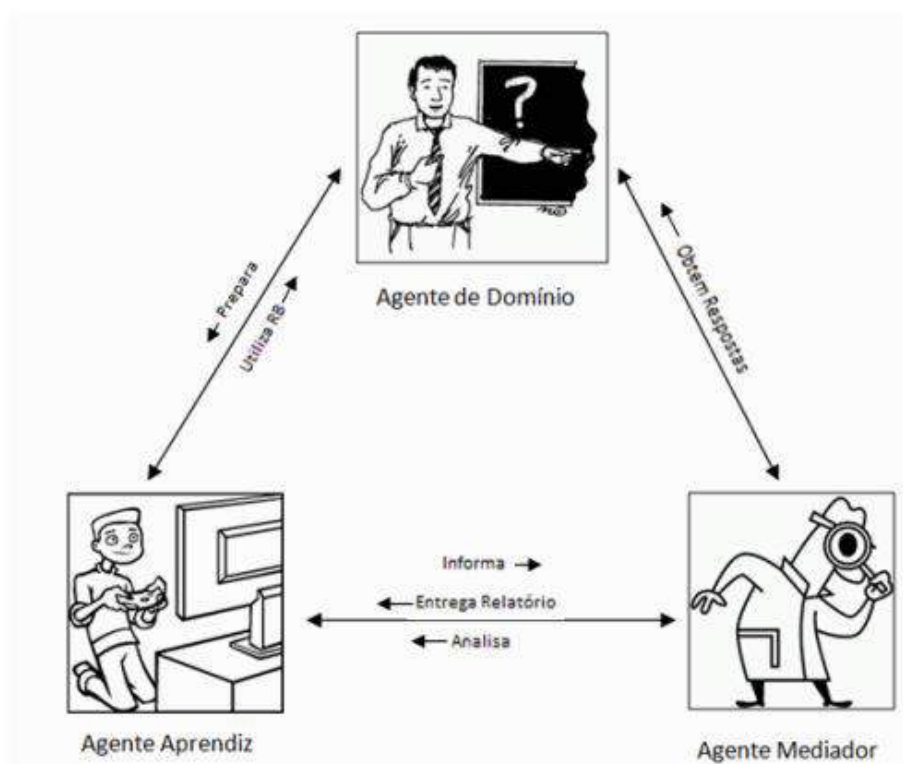
### 4. A Arquitetura do SimDeCS

A arquitetura do SimDeCS é composta por um sistema multiagente composto por três agentes:

- Agente de DOMÍNIO
- Agente APRENDIZ
- 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**

Nas próximas seções, cada um dos agentes que compõem o SimDeCS será descrito com maior detalhamento.

## 5. O Agente de Domínio

Neste agente é realizada a modelagem do problema (caso clínico) por um especialista de domínio (médico, cirurgião dentista, agente de saúde, etc.), através da DSL VR-MED, utilizando uma notação visual na forma de um diagrama que dispensa profundos conhecimentos da área de informática por parte do especialista. Neste diagrama 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, quando da modelagem do caso de estudo, poderá originar uma ou mais BN (um ou mais problemas) para um mesmo personagem ou para diferentes personagens do mesmo exercício proposto pelo tutor. 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.

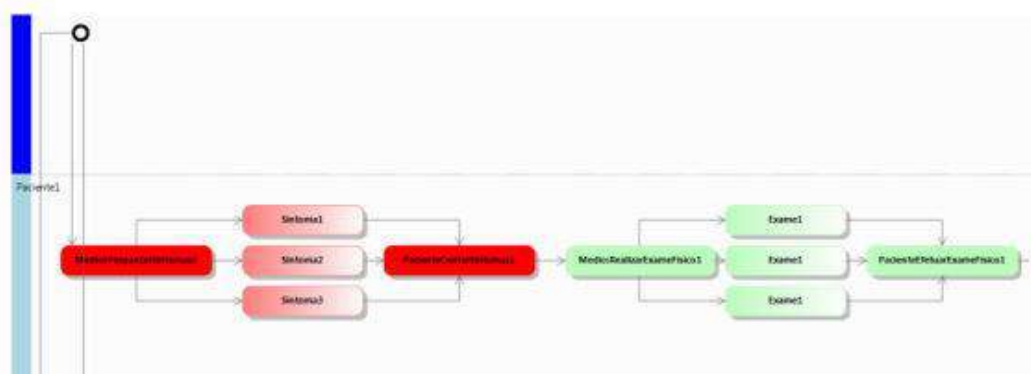


Figura 2 - Diagrama VR-MED utilizado pelo agente de domínio

## 6. 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, destacando-se as estratégias de orientação ou retomada de rumo, as de reforço. Essas estratégias podem estar ocultas na forma de atitudes ou diálogos dos diferentes personagens da interface.

## 7. 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, a ênfase destacada para nodos essenciais, incrementos 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.

## 8. Tecnologias Utilizadas

O desenvolvimento do SimDeCS é baseado em tecnologias de software livre como o Linux, banco de dados PostgreSQL e Java, com seus diversos frameworks destacando-se entre eles o Hibernate, Java Server Faces, Facelets, RichFaces, JADE, EJB 3.0.

## 9. 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.

A utilização de uma arquitetura multiagente, neste tipo de situação, viabiliza sua implementação, principalmente em ambientes de desenvolvimento Web. Além disso, modulariza o desenvolvimento, gerando um produto final de maior qualidade e relevância científica.

A equipe de desenvolvimento, deste projeto, conta com a participação de profissionais da área de ciência da computação e da área da saúde, sendo acrescida por alunos de mestrado e doutorado em Ciências da Saúde.

## 10. 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.

## 11. Referências

- Boulic, R. and Renault, O. (1991) “3D Hierarchies for Animation”, In: *New Trends in Animation and Visualization*, Edited by Nadia Magnenat-Thalmann and Daniel Thalmann, John Wiley & Sons ltd., England.
- Fendel G., Spronk J., *Multiple Criteria Decision Methods and Applications*, Springer-Verlag, New York, 1983.

- Feuerwerker, L.C.M.. Gestão dos processos de mudança na graduação em medicina. In: MARIS, J. J. N. et al. (org). Educação médica em transformação: instrumentos para a construção de novas realidades. São Paulo, Hucitec, 2004. p. 17-39.
- 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.
- Kincaid, J. P.; Hamilton, R. et al. Modeling and Simulation: Theory and Applications. Boston: Kluwer, 2004.
- Maris, J. J. N. et al. (org). Educação médica em transformação: instrumentos para a construção de novas realidades. São Paulo, Hucitec, 2004.
- McGaghie W.C., Issenberg S.C., Petrusa E., Scalese R., A critical review of simulation-based medical education research: 2003–2009. *Medical Education*, 44(1), pp.50–63, 2010.
- 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.
- Saheki, A. H.; Sharovsky, R.; Cozman, F. G.; Coupé, V. Construção de uma rede Bayesiana aplicada ao diagnóstico de doenças cardíacas. In: Encontro Nacional de Inteligência Artificial, 2003, Campinas. Anais.2003 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.
- Yousefli A., Heydari M., Shahanaghi K., Development of Linear Programming Technique for Multidimensional Analysis of Preference in Fuzzy Environment, *Journal of Uncertain Systems*, 3(2), pp. 108–113, 2009.
- Zanoli, M.B. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na área clínica. In: Maris, J. J. N. et al. (org). Educação médica em transformação: instrumentos para a construção de novas realidades. São Paulo, Hucitec, 2004. p. 40-61.
- Ziv, A.; Ben-David, S.; Ziv, M. Simulation Based Medical Education: an opportunity to learn from errors. *Medical Teacher*, Vol. 27, No. 3, 2005, pp. 193–199.

## APÊNDICE VII: ARTIGO COMPLETO PUBLICADO NO LACLO 2010

Zanatta,E. ; BEZ, M. R. ; FLORES, C. D. ; Frazão, S. ; Barros, P.R. . Desenvolvimento Banco de Imagens Médicas para Conservação e Recuperação. In: Fifth Latin American Conference on Learning Objects, 2010, São Paulo. Fifth Latin American Conference on Learning Objects, 2010.



## Desenvolvimento Banco de Imagens Médicas para Conservação e Recuperação

Sandro F. Specht<sup>2</sup>, Eduardo J. Zanatta<sup>1</sup>, Paulo R. Barros<sup>2</sup>, Cecilia D. Flores<sup>1</sup>, Marta R. Bez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre – RS – Brazil.

<sup>2</sup> Bacharelado em Sistema de Informações, Universidade Feevale, Novo Hamburgo – RS – Brazil

**Resumo.** *Este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema de banco de imagens para uma instituição de ensino superior na área da saúde. Descreve-se aqui o processo antigo de armazenamento de imagens, a análise realizada junto a professores e médicos e o desenvolvimento da ferramenta, que é dividida em dois blocos básicos: cadastro – destinado a professores e médicos; e consultas – destinado a professores e alunos da instituição. As ferramentas computacionais utilizadas são apresentadas, bem como o fluxo de aquisição de novas imagens para compor a banco.*

**Keywords:** Banco de Imagens, Informática na saúde, desenvolvimento de sistemas.

**PACS:** 01.50.H- Computers in education

### INTRODUÇÃO

A utilização de imagens médicas tem estado presente em toda a trajetória da evolução dentro da área da saúde, em um grande volume e importância maior do que antes da descoberta do RAIO-X em 1895. (CARRARE et al., 2006). Nos últimos anos, essa utilização tornou-se ferramenta indispensável para o auxílio em diagnósticos, pesquisa e estudos na área da saúde.

Pinto et al (2007) evidencia que o avanço das tecnologias eletrônicas e digitais que propõem a criação de ferramentas para o registro de imagens com maior precisão e o uso das mesmas passou a fazer parte do cotidiano deste ramo de conhecimento, revolucionando as pesquisas e as práticas, pois elas portam informações que jamais poderiam ser registradas em outros suportes ou formas. De acordo com Santos (2006), as imagens médicas são ferramentas importantes na prática da medicina moderna, não apenas por oferecerem uma forma de visualização não-invasiva de órgãos, tecidos, ossos e outras estruturas do corpo do paciente, mas também para monitorar os efeitos de tratamentos e planejar cirurgias.

Entre tantos tipos de exames que utilizam imagens para diagnosticar, podem ser citados como exemplo a tomografia, densitometria óssea, ressonância magnética, eletrocardiograma, eletroencefalograma, ecografia, radiografia e etc. No entanto, a utilização eficiente das imagens geradas através dessas tecnologias, exige o desenvolvimento de infra-estrutura capaz de armazenar e organizar, de modo que essas informações possam ser recuperadas e usadas como instrumento de estudo e trabalho. Segundo Santos (2006) o uso cada vez maior de equipamentos digitais de diagnósticos, no ambiente que mantém um centro ou departamento, produz uma enorme quantidade de dados sobre imagens médicas, o que torna crítica a realização das tarefas de armazenamento, distribuição e manipulação dessas informações.

Neste contexto, as instituições com maior necessidade de utilização de um banco de imagens médicas são universidades com cursos na área da saúde, por serem locais de estudo e responsáveis pela formação médica. Este banco de imagens servirá de suporte e material para o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem e materiais pedagógicos.

Existem várias pesquisas para desenvolvimento de ferramentas com o objetivo da criação de banco de imagens e organização das mesmas. De acordo com o Carrare (2006), na área de ensino, as imagens são utilizadas para demonstrar estruturas ou funcionalidades do corpo humano possíveis de serem mapeadas com as tecnologias existentes. A importância das imagens é incontestável nas práticas profissional ou de

ensino médico, justificando as muitas discussões no sentido de conseguir uma melhor forma de armazená-las, organizá-las e recuperá-las. Foi proposto por Carrare (2006) a criação de uma Biblioteca Virtual de Imagens em Medicina (BVIM). O objetivo desta foi organizar e recuperar imagens da área da saúde com foco na educação para que possa ser utilizado via Web e que melhore a preservação e localização das imagens para os acadêmicos e profissionais da área, além de possibilitar acesso fácil e rápido por meio de uma metodologia específica e apropriada ao conhecimento deste.

Razente (2006) propôs uma melhoria no processo de consulta de imagens através de busca por conteúdo de imagem na área médica. E esta procura ocorre por similaridade, onde os especialistas possam pesquisar casos semelhantes, com base nas imagens do paciente que está sendo atendido.

Um modelo de metadados para indexação de imagens médicas para auxiliar na recuperação e busca das mesmas foi proposto por Hasegawa e Aires (2007). A maior parte dos metadados criados utiliza o padrão de metadados descritivos, pois permitem inserir informações aos dados. Um dos objetivos do padrão criado foi a padronização de imagens de diagnóstico. Segundo o autor, os hospitais utilizam sistemas informatizados para controle de imagens médicas, esses sistemas são chamados de *Picture Archiving and Communication System* (PACS). São utilizados para associar as imagens ao prontuário de paciente, utilizando atributos textuais previamente associados aos mesmos. Por existir vários fabricantes de equipamento que geram imagens médicas, foi necessário criar um padrão para manter uma comunicação entre as máquinas e computadores. Também Santos e Ruiz (2006) propuseram um modelo de metadados para organização e consultas de imagens médicas no formato DICOM através da tecnologia World Wide Web. Na proposta destes, as imagens são armazenadas num servidor onde é utilizado um sistema de arquivamento e comunicação de imagens PACS.

Rodrigues e Júnior (2008) apresentam um modelo de banco de dados via Web que disponibiliza informações para comunidades científicas, professores, alunos e profissionais da área médica que realizam estudo e pesquisas na área de estimativa da idade óssea. Uma dessas técnicas vem sendo utilizada no auxílio de estudos da determinação da idade óssea através de imagens digitalizadas de uma radiografia da mão e punho. Esse estudo é freqüentemente utilizado em áreas odontológicas, procedimento ortodôntico e em pacientes pediátricos que apresentam desordem no crescimento dos ossos. Através desses estudos surgiu a necessidade de criar um banco de dados com interface Web para armazenar, organizar e consultar informações de imagens com laudos médicos para validação de procedimentos, imagens para o uso de teste, material padrão voltado a pesquisa da área, algoritmos para processamento de imagens radiográficas, referências bibliográficas, links de pesquisas, correlatos, entre outras. O objetivo do trabalho foi apresentar os processos utilizados na criação e implantação de uma base de dados disponibilizada via Web, onde classes de especialistas, pesquisadores, professores e alunos da área da saúde consigam compartilhar recursos e pesquisas sobre estimativa da idade óssea.

O presente artigo apresenta um modelo de sistema de imagens digitais temático, com o foco específico em imagens médicas, desenvolvido totalmente com ferramentas de software livre para a implantação do referido projeto. Neste serão observadas as dificuldades que o departamento de patologia e medicina legal de uma Universidade Federal estava enfrentando para recuperar seu acervo com mais de 20.000 imagens. Para abordagem do assunto serão relacionados temas como estudos e pesquisas realizados para desenvolver o banco de imagens, softwares utilizados no desenvolvimento da ferramenta e para recuperação e restauração das imagens. Para o desenvolvimento foram definidos os metadados, o processo de recuperação e armazenamento de imagens adotado pelo departamento de patologia e medicina legal, reuniões com as equipes médicas e professores, apresentações do fluxo do novo processo de armazenamento de imagens adotado e teste realizados no sistema. No final, segue a conclusão e trabalhos futuros, buscando a continuidade do projeto.

## 1. ANTIGO PROCESSO DE ARMAZENAMENTO DE IMAGENS

O armazenamento de imagens tem sido uma alternativa eficaz no que se refere à preservação e organização. Neste cenário, verifica-se a demanda por sistemas de informação que possibilitem o gerenciamento de imagens de maneira eficiente. Banco de imagens é uma resposta a esta demanda. São bancos de dados que gerenciam imagens, ou seja, lidam com o armazenamento, indexação e recuperação das mesmas (FRANCISCAN, et al, 2007). Porém, para assegurar o acesso permanente, é necessário levar em consideração a evolução tecnológica constante, além de fácil recuperação e manipulação das mesmas.

O departamento de patologia e medicina legal da instituição possui mais de 20 mil imagens anatomopatológicas, em vários formatos. Esse acervo foi construído em conjunto com o serviço de residência médica em patologia entre os anos de 1962 até 1994. Após esse período, não houve a inserção de novos diapositivos, pois o custo tornou a manutenção do arquivo inviável. Todo este material foi armazenado de forma simples para os padrões atuais, estando hoje exposto à umidade, colocando em risco a conservação e, em alguns casos, levando até a deterioração do mesmo com o passar do tempo.

Além disso, devido à forma de arquivamento, não é permitido o livre acesso de todos, dificultando o uso no processo de aprendizagem.

A metodologia de arquivamento e catalogação era a mesma desde o início da formação do acervo, sendo totalmente manual e envolvendo várias pessoas para o controle e manutenção dos diapositivos. O processo para o controle dos diapositivos era complexo e demandava muito tempo, mesmo para as tarefas mais simples, além de não garantir o arquivamento e organização correta do material. Apesar de tudo estar registrado, atualmente não existe pleno conhecimento do material que o acervo possui. As imagens na época eram obtidas através de câmeras fotográficas e o negativo repassado para o departamento de patologia e medicina legal. Dos negativos recebidos era realizada uma seleção das melhores imagens, e depois de selecionadas e aprovadas, eram criados os diapositivos de cada imagem, depois documentado no livro de registro, sendo informado o número do slide, diagnóstico, origem e quantidade de eslaides da imagem. Após a catalogação, o médico preenchia uma ficha com as informações do diagnóstico e do órgão. Com os registros prontos, as imagens eram separadas e armazenadas em armários conforme o controle de catalogação do livro de registro. Segue um fluxo (figura 01) demonstrando o procedimento de armazenamento utilizado na época.

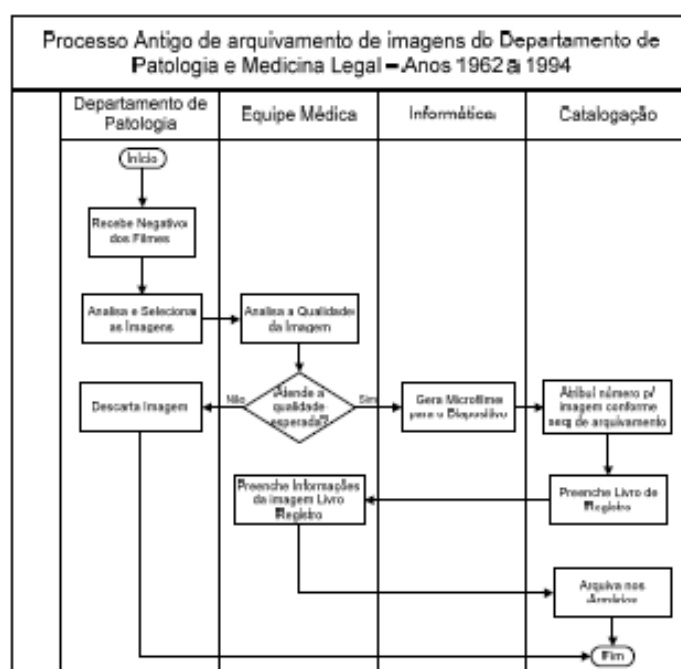


Figura 01 – Fluxo do processo antigo de armazenamento de imagens

## 2. ESTRUTURA FÍSICA E LÓGICA PARA O PROJETO

Este trabalho foi realizado em parceria entre duas instituições de ensino. Uma contou com profissionais da área de informática e outra, com a equipe médica, professores e alunos da área da saúde.

Para o desenvolvimento e análise do banco de imagens foram realizadas reuniões com a equipe médica do departamento de patologia e medicina legal, tendo como objetivo conhecer a realidade do setor. Buscou-se verificar o modo de armazenamento e conservação do material existente, a necessidade de melhorias e técnicas para efetivar o trabalho. A partir das informações e análise da problemática foi possível definir uma proposta inicial de trabalho para a construção de um projeto piloto de um banco de imagens. Era necessária uma ferramenta com flexibilidade, na qual professores e alunos pudessem realizar consultas e pesquisas das imagens armazenadas. Deste modo, definiu-se a internet como uma estratégia que atenda esses requisitos.

As etapas seguintes foram de pesquisa das melhores ferramentas existentes em código livre e que se adaptassem a necessidade e do plano de execução para o desenvolvimento da ferramenta, o banco de dados apropriado para armazenar as imagens, as técnicas e métodos utilizados em várias áreas para armazenamento, recuperação e conservação de imagens digitais, formatos e padrões de imagens médicas e estudo de trabalhos correlatos.

O banco de dados escolhido para armazenamento de dados e imagens foi o MySQL5. Esta opção justifica-se por ser um banco conhecido no mercado, otimizado para aplicações WEB e amplamente utilizado para Internet. É seguro e apresenta bom desempenho. Possui suporte para ferramentas livres e

proprietárias, utiliza código SQL, tem grande capacidade de armazenamento e administração de dados, sendo fácil de usar e compatível com várias plataformas como, por exemplo, Windows, Linux, Mac, etc. O software utilizado na modelagem do banco de dados foi o DBDesigner 4.0.5.6 e para modelagem do sistema foi utilizado o JUDE 1.6.

Toda interface do sistema foi desenvolvida em plataforma WEB e em linguagem PHP5, pois o sistema necessita de funções para cadastros, ferramentas de busca e pesquisa, visualização de imagens, relatórios, autonomia e flexibilidade para manutenção e inserção de novas informações.

Um dos objetivos do projeto era utilizar somente software livre, que oferecem baixo custo, segurança e confiabilidade a instituição de ensino. Na criação do ambiente de desenvolvimento e servidor WEB, foi utilizado o software WAMP5 Versão 2.0. O software WAMP composto por: servidor WEB Apache2.2.6, PHP5.2.5, linguagem de programação WEB em código livre orientada a objeto, banco de dados MySQL5.0.45, PHPmyadmin, programa de desenvolvimento para a parte administrativa do PHP e SQLitemanager, sistema gerenciador do SQL e MySQL GUI Tools, ferramenta gráfica para administrar e gerenciar dados.

Na parte de programação WEB, além da linguagem PHP5, foi utilizado XML, HTML, JavaScript, AJAX e CSS. O editor de texto utilizado foi o notpad++ 5.6.8 e FileZilla 3.3.2.1 como cliente/servidor FTP. Os navegadores utilizados nos testes da interface WEB foram o Firefox 3.6.3 e Internet Explorer 8.

O material existente deve ser digitalizado e algumas imagens necessitam de um processo de restauração. Após esse processo devem ser convertidas para formato JPG e catalogadas. Os softwares utilizados para fazer a conversão de imagens foram: Infraviw 4.25, Formatfactory 1.90, Media-Convert, FastStone Image Viewer 3.9 e ImgConverter 2.0. Os softwares utilizados para manipulação de imagens foram: GIMP 2.6.6, GIMPSHOP 2.2.8, MAGIX Xtreme Photo Designer 6.0, PhotoPlus 6.0, Picasa 3.1.0, Photo! Editor 1., Paint.NET 3.36.

O conceito de metadados aplicado na estrutura do banco de imagens foi baseado no padrão Dublin Core que utiliza conteúdo de informações WEB. É semelhante à indexação de sistema hospitalar que armazena e recupera imagens médicas. Esse padrão também é utilizado na indexação de dados referente a documentos digitais. Para a catalogação das imagens foram utilizados protocolos predefinidos com dados pertencentes às imagens e informações pertinentes utilizadas pelo departamento de patologia e medicina legal e área médicas. Os mecanismos de busca e pesquisa desenvolvidos utilizam método booleano, pesquisa de campos de dados (metadados) da imagem e consulta por palavras chaves.

Os metadados mais importantes do banco de imagens para busca e pesquisa são: patologia, sistema, órgão, topografia, especialidade, nome da imagem, diagnóstico e caso de estudo. No site é possível realizar quatro formas de pesquisa por palavra chave em cada área, sendo elas: diagnóstico, órgão, necropsia, caso de estudo e imagem. E através dos filtros: topografia, procedência, sistema, patologia, especialidade. O resultado da pesquisa pode ser ordenado alfabeticamente. Como facilitador também poderão ser utilizadas as imagens do corpo humano para representar o objeto de consulta.

### **3. DESENVOLVIMENTO E TESTES DO SISTEMA**

Tendo em vista a complexidade do projeto, inicialmente foram realizadas reuniões semanais para definir critérios para a realização do trabalho. O primeiro critério definido foi o conjunto de metadados que deveriam ser relacionados no cadastro das imagens e que, posteriormente, devem ser utilizados como chave de busca nas pesquisas. Logo após, foram definidos os formatos de imagens a ser armazenadas e o processo de digitalização, restauração e catalogação das mesmas. Esta etapa e o preenchimento dos metadados ficaram sob a responsabilidade do departamento de patologia e medicina legal.

Durante as reuniões a equipe médica mostrou grande preocupação com o layout e visualização do site, pois essa ferramenta representa o departamento na WEB. A construção desse layout foi realizada em conjunto, na qual a equipe médica colaborou exemplificando com modelos de outros sites de pesquisas na área médica disponíveis. Os formatos de fontes e cores foram escolhidos tomando como base características do material de comunicação da universidade.

Foi definido um processo padrão para cadastro de imagens e perfil de usuários para inclusão, manutenção e acesso ao sistema. Inicialmente, o objetivo do projeto era criar um banco de imagens exclusivo para departamento de patologia e medicina legal, porém, este foi estendido para toda a instituição, pois em conversa com as pessoas responsáveis por outros departamentos da universidade identificou-se a necessidade de criar um sistema que pudesse atender a todas as áreas médicas e não apenas uma. Justifica-se assim, a necessidade de criar um cadastro de usuários com controle de perfil. Com base nas reuniões, constatou-se que para atender as etapas do projeto seria necessário criar equipes internas de apoio de acordo com o andamento e atividades do projeto. São elas:

- Definição e aquisição de equipamentos;
- Recuperação de imagens;

- Catalogação e cadastramento das imagens;
- Cadastro de usuários e definição de perfis;
- Análise e o desenvolvimento;
- Validação e teste do banco de imagens e interface WEB;

Com a implantação do sistema de banco de imagens proposto foi necessário criar dois procedimentos para o armazenamento de imagens. O primeiro destinou-se a recuperação das imagens já arquivadas em formato de diapositivo e outro para armazenar as imagens já digitalizadas em CDs ou salvas em pastas no computador. As imagens que estão em formato de diapositivos são selecionadas e scaneadas para o computador em formato TIFF e passam por uma avaliação de nitidez. Algumas apresentam estado de deteriorização e, até mesmo, sem condições de serem utilizadas. As imagens que apresentam problemas passam por um processo de restauração através de software de imagens. Os técnicos tentam recuperar cor, brilho, remover manchas e alinhar as fotos. Assim que restauradas, passam pelo processo de avaliação novamente. As fotos que não tiverem condições de recuperação são descartadas do arquivo e as aprovadas são convertidas de TIFF para JPGE e salvas no banco de imagens. Estas são então cadastradas com informações, tais como patologia, sistema, órgão, diagnóstico entre outros dados importantes. Segue o fluxo do processo (figura 02) atual de recuperação de imagens do Departamento de Patologia e Medicina Legal (DPML) no formato de diapositivo.

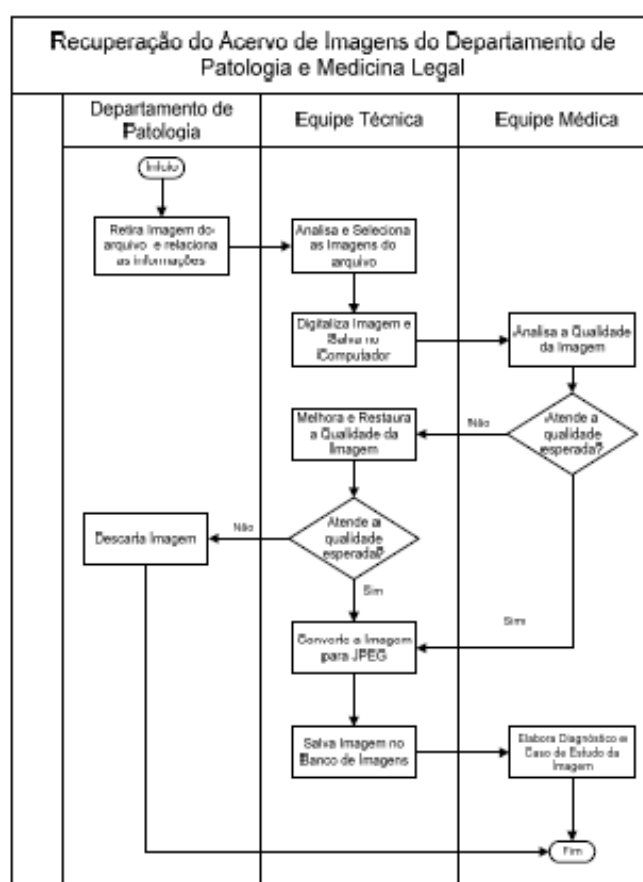


Figura 02 – Fluxo do processo de recuperação de imagens

O segundo procedimento, mais simples, é para as imagens que são armazenadas em formato digital ou obtidas através de máquinas digitais. As imagens só precisam passar por uma seleção e avaliação de qualidade. São convertidas em JPEG e salvas no banco de imagens junto com suas informações. O trabalho de separar diapositivos, digitalizá-los e restaurá-los não são necessários nesse momento.

O sistema de banco de imagens é dividido em dois módulos: o primeiro módulo é composto pelos cadastros das imagens e suas informações; o segundo módulo é o sistema de consulta e pesquisa das

imagens na WEB utilizadas por alunos e professores da Universidade. A imagem a seguir (Figura 03) apresenta a tela de cadastro de diagnósticos associados as imagens cadastradas no banco.

The screenshot shows the 'UFCSIPA - SIAP - Módulo Diagnóstico' interface. At the top, there's a navigation bar with 'UFCSIPA' and 'SIAP Sistema de Imagens Anatomicopatológicas'. Below that, there are tabs for 'Imagens', 'Diagnósticos', 'Grupos de Imagem', and 'Cursos de Pós-graduação'. The main content area is divided into several sections:

- Diagnóstico:** A form with fields for 'Nome' (containing 'Tumor Músculo Glândula Salivar'), 'CID-10', 'Especialidade' (set to 'Otorrinolaringologia'), 'Referência' (with a text area and a note about references), 'Materiais' (set to 'Cinco, Glândula Glândula Salivar'), and 'Validação' (with 'Sim' and 'Não' options).
- Pesquisa Órgãos para relacionar:** A search section with 'Nome' and 'Sistema' dropdowns, and 'Pesquisa' and 'Incluir' buttons. A note explains that this search is for anatomical structures.
- Pesquisa Imagens para relacionar:** A search section with 'Nome', 'Procedência', 'Materiais', and 'Sistema' dropdowns, and 'Pesquisa' and 'Incluir' buttons. A note explains that this search is for images.
- Diagnóstico (Right):** A large empty text area for the diagnosis.
- Imagens relacionadas (Right):** A list of related images with checkboxes and a 'desvincular' button.

At the bottom, there are 'Voltar ao site' and '© Copyright 2016 - SIAP - Sistema de Imagens Anatomicopatológicas' links.

Figura 03 – Cadastro de diagnósticos

Uma tela do segundo módulo, ou seja, consulta de imagens (Figura 4) é apresentada a seguir. Nesta é possível realizar consultas a imagens filtrando por topografia, procedência, sistema, patologia, especialidade ou selecionar as imagens por letras iniciais. A imagem selecionada pode ser ampliada, conforme mostrado na Figura 05.



Figura 04 – Consulta de imagens no banco



Figura 05 – Ampliação da imagem selecionada

#### 4.1 Testes do Sistema

Para a realização dos primeiros testes do sistema foi utilizado um notebook de marca HP com processador Core2 Duo de 1.9GHz, 160GB de disco, 2GB de memória e sistema operacional Windows 7. Inicialmente foram inseridas 600 imagens classificadas por patologia, sistema e órgão. Todas as imagens estavam no formato JPGE e foram adquiridas pelo DPML. Após essa etapa, o sistema foi migrado para o servidor da Instituição de ensino, onde atualmente está sendo utilizado.

Durante o período de desenvolvimento, foram realizados testes parciais para avaliação de desempenho do banco de dados considerado os critérios de busca, consultas, armazenamento e recuperação das imagens e textos. Esses testes contribuíram para melhorias no sistema ao longo do desenvolvimento do projeto.

Além disso, foram simuladas ações para recuperação de imagens através de backup do servidor, recuperação através de imagens armazenadas no banco de dados que tenham sido excluídas ou estejam corrompidas e recuperação de todo o sistema e banco de dados no caso de perda total do servidor. Também foi testada a segurança aos acessos de cadastros de imagens e aplicativos para avaliação das melhores formas para busca e visualização das imagens na WEB, considerando formatos de imagem como JPGE, BMP, GIF e TIF.

A equipe do DPML participou das atividades de testes na medida em que foram concluídas as etapas de desenvolvimento do sistema. A cada tarefa concluída, era liberada ao DPML a utilização do sistema para que o mesmo avaliasse critérios como: chaves de busca, filtros, ordenação, apresentação, layout das páginas do sistema, consultas específicas por área e desempenho do banco de dados na utilização dessas buscas. Após a análise do DPML, as medidas de melhorias foram traçadas e aplicadas.

Uma imagem antes de ser salva no banco de dados era selecionada e passada por uma avaliação pelo departamento de patologia e medicina legal. Nessa avaliação foram analisados critérios como: brilho, nitidez, formato da imagem e aspectos éticos. Depois de selecionada e aprovada pelo departamento de patologia e medicina legal, essa imagem era convertida para formato JPGE e salva no banco de imagens. Todas as imagens salvas no banco de imagens estão em formato JPEG, não podendo ser utilizado outro formato. Foi escolhido esse formato por ser popular e utilizado em WEB, e também pela sua capacidade de trabalhar com 16,8 milhões de cores, de compactar imagens de tamanho grandes sem perda significativa de qualidade e por sua capacidade de formatar imagens fiéis a original. O formato JPGE é um tipo de compressão de imagem e é bem aceito em computação moderna. Utilizando o formato JPEG, garante-se boa qualidade das imagens convertidas e menor utilização de espaço de disco no servidor, além de garantir mais rapidez nas consultas das imagens na WEB.

O departamento de patologia e medicina legal recebeu treinamento e começou a efetuar os cadastros no módulo de informações gerais. As primeiras imagens já foram salvas. O banco de imagens possui cerca de 650 imagens recuperadas e catalogadas do acervo junto com suas informações e textos, esse número vem crescendo diariamente. O tamanho do banco de dados se encontra com 245 MB e espera atingir um tamanho de 9 GB para 20.000,00 imagens. Internamente está sendo realizado pela equipe do departamento de patologia e medicina legal um trabalho de divulgação e treinamento do sistema para as outras áreas da saúde da Universidade.

## CONCLUSÃO

Sabe-se que as imagens são significativas no processo de aprendizagem. O avanço das tecnologias e a evolução dos equipamentos médicos permitem o registro de imagens ricas em detalhes que contribuem para o estudo e análises na área da saúde. Atualmente um hospital-escola pode gerar em média 15.000 imagens médicas em um dia e muitas dessas imagens são descartadas, impossibilitando que alguns casos sejam comparados e usados para fins de estudo. A organização e catalogação desse material são fundamentais para proporcionar buscas e recuperação do mesmo, permitindo que professores possam utilizar estas imagens no desenvolvimento de objetos de aprendizagem e material didático.

Este trabalho apresentou o caminho percorrido no desenvolvimento de um sistema com o objetivo de armazenar, organizar, recuperar e conservar as imagens do Departamento de Patologia e Medicina Legal de uma universidade federal. O trabalho conjunto de uma equipe multidisciplinar, composta por médicos, professores e profissionais da informática permitiu o aperfeiçoamento e ajustes constantes mesmo durante a fase de desenvolvimento do sistema.

O sistema desenvolvido é composto de dois módulos que já estão em funcionamento e o número de imagens utilizadas aumentando constantemente. Porém, há ainda um longo percurso a ser percorrido, através de várias melhorias sugeridas pelos profissionais professores e alunos da instituição de ensino. A principal destas é a possibilidade dos professores conseguirem acessar o banco de imagens diretamente do ambiente virtual de aprendizagem (no caso desta instituição, o Moodle).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARRARE, Ana Paula; MOURA, Luiz Antonio; AMARAL, Luiz Henrique, SIGULE, Daniel. Uma proposta para gerenciamento e preservação de imagens em medicina na EMP/Unifesp. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v35n3/v35n3a19.pdf>>. Acesso em 02/10/2009.
- FRANCISCAN, Juliana de Fátima; SILVA Imério Reis; BARCELOS, Celia A. Zorzo. Redução do Gap Semântico em CBIR utilizando Ontologia de Objeto. 2007. Disponível em: <<http://www.facom.ufu.br/posgrad/wd2008/artigos/Juliana.pdf>>. Acesso em 20/11/2009.

- HASEGAWA, Fabio Massão; AIRES, João Paulo. Proposta de um Padrão de Metadados Para Imagens Médicas. 2007. Disponível em: <<http://www.sbc.org.br/bibliotecadigital/download.php?paper=688>>. Acessado em 20/08/2009.
- PINTO, Virginia Bentes. Indexação morfossemântica de imagens no contexto da saúde visando a qualidade na recuperação de informações. 2007. Disponível em: <<http://www.enancib.ppgci.ufba.br/artigos/GT2-053.pdf>>. Acesso em 03/10/2009.
- POSTGRESQL. Disponível em: < <http://www.postgresql.org.br/>>. Acesso em: 03/10/2009.
- RAZENTE, Humberto. et al. Recuperação de Imagens Médicas por Conteúdo em um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Código Livre. 2006. Disponível em: <<http://www.sbis.org.br/cbis/arquivos/808.pdf>>. Acesso em 03/10/2009.
- RODRIGUES, Evandro Linhari, JÚNIOR, Celso Olivete. Banco de dados on-line para auxílio à pesquisa em estimacão da idade óssea. 2008. Disponível em: <<http://www.sbis.org.br/cbis11/arquivos/934.pdf>>. Acessado em 07/11/2009.
- SANTOS, Marcelo dos; RUIZ, Evandro Eduardo Seron. Distribuição de Imagens Médicas Via Web: Um Servidor e Cliente Dicom. 2006. Disponível em: <<http://www4.uninove.br/ojs/index.php/exacta/article/viewFile/658/619>>. Acesso em 02/11/2009.

## ANEXOS

## ANEXO I - INSTRUÇÕES PARA PUBLICAÇÃO



### Introduction

*The Journal of Systems and Software (JSS)* is an interdisciplinary journal devoted to technical and managerial aspects of problems in the computing system domain. The journal publishes papers that are as self-contained as possible and accessible to a wide range of readers.

JSS seeks original material offering both theoretical and pragmatic developments with emphasis on those that have been tested by government, industry, or university empirical research. Manuscripts that depict applications of these findings that have actually impacted management policies and practice or technical procedures are especially encouraged. Manuscripts that include alternative theories, literature reviews, commentary, methodology, or replication are also welcomed. All articles should consider the practical application of the ideas advanced through case studies, experiments, or systematic comparisons with other approaches already in practice. The editorial policy favors manuscripts testing theory or studying environments within the actual computer industry setting, ranging from simple data processing applications to very large real-time embedded computer systems, at any point in their respective life cycles.



### Before You Begin

#### Ethics in publishing

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/ethicalguidelines>.

#### Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: [http://elsevier6.custhelp.com/app/answers/detail/a\\_id/286/p/7923/](http://elsevier6.custhelp.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923/).

#### Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

#### Changes to authorship

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

*Before the accepted manuscript is published in an online issue:* Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such

requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

*After the accepted manuscript is published in an online issue:* Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

## Copyright

This journal offers authors a choice in publishing their research: Open Access and Subscription.

### *For Subscription articles*

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <http://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

### *For Open Access articles*

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

## Retained author rights

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights. For more information on author rights for:

Subscription articles please see <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

Open access articles please see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>.

## Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

## Funding body agreements and policies

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

## Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

### **Open Access**

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An Open Access publication fee is payable by authors or their research funder

### **Subscription**

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our

access programs (<http://www.elsevier.com/access>)

- No Open Access publication fee

All articles published Open Access will be immediately and permanently free for everyone to read and download. Permitted reuse is defined by your choice of one of the following Creative Commons user licenses:

**Creative Commons Attribution (CC BY):** lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

**Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA):** for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text and data mine the article, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation, and license their new adaptations or creations under identical terms (CC BY-NC-SA).

**Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND):** for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

To provide Open Access, this journal has a publication fee which needs to be met by the authors or their research funders for each article published Open Access.

Your publication choice will have no effect on the peer review process or acceptance of submitted articles.

The publication fee for this journal is **\$1500**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

### Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop <http://webshop.elsevier.com/languageediting/> or visit our customer support site <http://support.elsevier.com> for more information.

### Submission

Submission to this journal proceeds totally online. Use the following guidelines to prepare your article. Via the homepage of this journal (<http://ees.elsevier.com/jss>) you will be guided stepwise through the creation and uploading of the various files. The system automatically converts source files to a single Adobe Acrobat PDF version of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail and via the author's homepage, removing the need for a hard-copy paper trail.

#### IMPORTANT NOTES:

##### 1) Submit to the right Editor:

Please make sure you submit your paper to the right Editor, according to their area of expertise:

- Computer Systems and Networks- Helen Karatza
- Security Technology - Der-Chyuan Lou
- Service Orientation - Patricia Lago
- Software Testing - Antonia Bertolino
- Databases and Data Management - Kaushik Dutta
- Software Architecture and All other papers -- Editor-in-Chief, Hans van Vliet

## 2) Special Issues:

In case you submit a special issue paper that will be handled by a designated Special Issue Guest Editor, please follow the instructions below:

1. Author registers in EES (follow the instructions on the site)
2. Select: Submit Manuscript from Main Menu
3. When choosing Article Type please select the title of the special issue you are submitting to
4. Please ensure you select 'Editor-in-Chief, Hans van Vliet' as the Editor for your paper

From then on follow the steps as laid out in EES. The manuscript will be assigned in the system to the responsible Guest Editor in charge of that specific special issue.



## Preparation

### Use of wordprocessing software

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your wordprocessor.

### LaTeX

If the LaTeX file is suitable, proofs will be produced without rekeying the text. The article should preferably be written using Elsevier's document class 'elsarticle', or alternatively any of the other recognized classes and formats supported in Elsevier's electronic submissions system, for further information see <http://www.elsevier.com/author-schemas/supported-latex-classes-and-formats-in-ees>.

The Elsevier 'elsarticle' LaTeX style file package (including detailed instructions for LaTeX preparation) can be obtained from the Quickguide: <http://www.elsevier.com/author-schemas/preparing-documents-with-latex> or from the Comprehensive TeX Archive Network (CTAN): see below, in the directory /tex-archive/macros/latex/contrib/elsarticle. It consists of the files: elsarticle.cls, complete user documentation for the class file, bibliographic style files in various styles, and template files for a quick start.guidelines for users of elsart, a template file for quick start. For information about reference management please go to the document at [http://cdn.elsevier.com/assets/pdf\\_file/0011/109388/elsdoc.pdf](http://cdn.elsevier.com/assets/pdf_file/0011/109388/elsdoc.pdf) and click on the section 'bibliography'.

CTAN is an archive with up-to-date copies of all the public-domain versions of TeX, LaTeX, Metafont and ancillary programs, which is made available via a mirrored network of FTP servers. You can enter the CTAN archive via a web interface in the UK (<http://www.tex.ac.uk>), in the USA (<http://www.ctan.org>), or in Germany (<http://www.dante.de/software/ctan>) (page in German). You can search for a package on CTAN via <http://www.ucc.ie/cgi-bin/ctan/>. You can also enter the archive via FTP at <ftp://ftp.tex.ac.uk>, at <ftp://ftp.dante.de>, at <atftp://ctan.tug.org>, or at one of the many mirror servers; see for a list the UK or USA CTAN web pages. When a CTAN server does not respond, please try another one.

Note that CTAN is not related to Elsevier, and that Elsevier's Customer support cannot accept complaints or answer questions about the availability of any CTAN server.

Figures may be inserted in the usual way using an \includegraphics command, at the position in the article where they are cited.

Your LaTeX file will be most useful as input for the printed article if you obey the following rules of thumb:

1. Be consistent. If you use a macro for a phrase, use it throughout.
2. Use standard LaTeX mark-up. Do not hardcode your own layout for e.g. section headings, but use the usual LaTeX macro for this purpose.

3. Keep it simple. Do not define macros that accomplish complicated layout. They will also make the input process complicated.

### Article structure

#### **Subdivision - numbered sections**

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

#### **Introduction**

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

#### **Results**

Results should be clear and concise.

#### **Discussion**

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

#### **Appendices**

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

#### **Vitae**

Include in the manuscript a short (maximum 100 words) biography of each author.

### Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

### Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

### Graphical abstract

A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328

pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files.

See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images also in accordance with all technical requirements: [Illustration Service](#).

### Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system.

Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

### Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using British spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

To maximize the consistency with which such keywords are assigned by different authors, the following guidelines have been drawn up.

- Each keyword (which can be a phrase of more than one word) should describe one single concept. Often words like "and" or "of" should be avoided.
- Avoid very general keywords which become meaningless once in a keyword list. Examples to avoid are "action", "computer", "mathematics". Check whether the keywords as a whole describe the outlines of the article.
- Use natural language: for instance "automatic error recovery" rather than "error recovery, automatic".
- Try to use nouns and adjectives as much as possible (i.e. use "automatic error recovery" rather than "recovering errors automatically"). Do not use nouns in the plural form.
- Use English rather than American spelling (regardless of the spelling used for the article itself).
- Avoid the use of abbreviations as much as possible, unless an abbreviation is so well-established that the full term is rarely used (e.g. use "laser" instead of "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation", but use "computer aided design" instead of "CAD").

### Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

### Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

### Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

### Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves

separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

#### *Table footnotes*

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

### **Artwork**

#### ***Image manipulation***

Whilst it is accepted that authors sometimes need to manipulate images for clarity, manipulation for purposes of deception or fraud will be seen as scientific ethical abuse and will be dealt with accordingly. For graphical images, this journal is applying the following policy: no specific feature within an image may be enhanced, obscured, moved, removed, or introduced. Adjustments of brightness, contrast, or color balance are acceptable if and as long as they do not obscure or eliminate any information present in the original. Nonlinear adjustments (e.g. changes to gamma settings) must be disclosed in the figure legend.

#### ***Electronic artwork***

##### *General points*

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the printed version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

##### *Formats*

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

##### **Please do not:**

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

#### ***Color artwork***

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

#### ***Figure captions***

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A

caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

## Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

## References

### **Citation in text**

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

### **Reference links**

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

### **Web references**

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

### **References in a special issue**

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

### **Reference management software**

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

### **Reference formatting**

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume and issue/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

### **Reference style**

*Text:* All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown ....'

*List:* References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

*Examples:*

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

### **Journal abbreviations source**

Journal names should be abbreviated according to:

List of title word abbreviations: <http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php>; NLM Catalog (Journals referenced in the NCBI Databases): <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/journals>;

CAS (Chemical Abstracts Service): via <http://www.cas.org/content/references/corejournals>.

### **Video data**

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

### **AudioSlides**

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

### **Supplementary data**

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

## Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

### Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Phone numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.



## After Acceptance

### Use of the Digital Object Identifier

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal *Physics Letters B*):

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059>

When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

### Proofs

One set of page proofs (as PDF files) will be sent by e-mail to the corresponding author (if we do not have an e-mail address then paper proofs will be sent by post) or, a link will be provided in the e-mail so that authors can download the files themselves. Elsevier now provides authors with PDF proofs which can be annotated; for this you will need to download Adobe Reader version 7 (or higher) available free from <http://get.adobe.com/reader>. Instructions on how to annotate PDF files will accompany the proofs (also given online). The exact system requirements are given at the Adobe site: <http://www.adobe.com/products/reader/tech-specs.html>.

If you do not wish to use the PDF annotations function, you may list the corrections (including replies to the Query Form) and return them to Elsevier in an e-mail. Please list your corrections quoting line number. If, for any reason, this is not possible, then mark the corrections and any other comments (including replies to the Query Form) on a printout of your proof and return by fax, or scan the pages and e-mail, or by post. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately – please let us have all your corrections within 48 hours. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication: please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

## Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail (the PDF file is a watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use). For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>). Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints/myarticlesservices/booklets>).



## Author Inquiries

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission) please visit this journal's homepage. For detailed instructions on the preparation of electronic artwork, please visit <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You can also check our Author FAQs at <http://www.elsevier.com/authorFAQ> and/or contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.

**ANEXO II - OFICIO DA COMPESQ**



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

**UFCSPA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE PORTO ALEGRE  
COMISSÃO DE PESQUISA

### Atestado

Atestamos que o projeto de pesquisa intitulado "*Avaliando a qualidade de produto de software em saúde: o caso SimDeCS*", de autoria de Paulo Ricardo Muniz Barros, orientação de Cecília Dias Flores e coorientação de Sílvio César Cazella, está registrado na Comissão de Pesquisa da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre.

Porto Alegre, 26 de julho de 2013.

  
Paulo Ricardo Gazzola Zen  
Coordenador Geral de Pesquisa  
UFCSPA