

# INTERPRETAÇÃO PEDAGÓGICA DE RELAÇÕES LÓGICAS EM DIÁLOGOS PARA O ENSINO DE CONCEITOS VISUAIS

Rodrigo Bonacin<sup>1</sup>  
Alexandre Ibrahim Direne<sup>2</sup>

## RESUMO

Este trabalho consiste no projeto e implementação de um módulo pedagógico capaz de criticar frases do aprendiz que contenham relações lógicas complexas explicitamente citadas. O módulo é integrado a uma Shell de aprendizagem direcionada ao ensino de conceitos visuais em diferentes especialidades da Radiologia Médica. Através de uma revisão detalhada da literatura existente em áreas afins, podemos constatar a quase completa inexistência de sistemas com tais características. Entretanto, para desenvolver o módulo tutor apresentado, foi necessária a concepção e implementação de ferramentas que incluem técnicas ainda inexploradas no campo de Sistemas Tutores Inteligentes. Tal funcionalidade pode permitir avanços que incidem principalmente sobre a interface tutorial e na modelagem do estudante.

## ABSTRACT

This work reports on the conception and implementation of a pedagogic module, capable of analyzing students' statements which contain complex logical relations explicitly quoted. The module is integrated with a tutorial Shell aimed at the teaching of Medical Radiological concepts. A detailed review presents the state of the art and points out the complete inexistence of systems with similar features. To develop this tutorial module, it was necessary to design and implement tools that embody unexplored techniques for constructing Intelligent Tutoring Systems. The resulting mechanism was adapted to work in conjunction with an existing tutoring shell, improving its capabilities to the point where logical relations among abnormalities are now more important than discussing isolated abnormal features.

Palavras Chaves: Sistemas Tutoriais Inteligentes, *Shells* e Ferramentas de Autoria, Ensino de Conceitos Visuais, Ensino de Radiologia Médica e Planejamento de Diálogo Pedagógico

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho consiste no projeto e implementação de um interpretador pedagógico, independente de domínio, capaz de criticar frases do aprendiz que contenham relações lógicas “complexas” explicitamente citadas. Esta capacidade de crítica é fundamental para melhorar a comunicação, por parte da máquina, de alguns elementos da perícia humana. O interpretador é integrado a uma *Shell* direcionada ao ensino de conceitos visuais em diferentes especialidades da Radiologia Médica.

---

<sup>1,2</sup> Departamento de Informática – UFPR - Centro Politécnico – Jardim das Américas CEP: 81531-990 – Curitiba – Paraná

O treinamento de perícias como a de radiologia médica está fundamentado na combinação dos conhecimentos de princípios e da prática clínica. Nestas perícias, pessoas com alto conhecimento específico reagem de forma diferente em relação às que detêm um nível menor de competência. Conhecer vários domínios permite que um especialista resolva problemas complexos facilmente, além de desenvolver a habilidade de antecipar fatos. Isto é feito, em grande parte, pela forte consistência de conhecimento simbólico do perito, o qual inclui um vasto conjunto de relações lógicas complexas entre conceitos do domínio.

Entende-se por relações lógicas complexas quaisquer vínculos que envolvam um conceito com outros conceitos, podendo estes últimos estar também vinculados a novos conceitos. Tais relações podem ser definidas por meio de correspondências de causa-efeito, silogismos, equivalências, conjunções, disjunções ou ainda uma combinação destas correspondências. Como exemplo de correspondência por silogismo no domínio de radiologia do tórax, sabe-se que um aumento da aurícula direita causa aumento no coração, assim como um aumento da veia cava superior causa um aumento na aurícula direita. Logo, um aumento da veia cava superior resulta em aumento do coração.

A prática permite que o aprendiz realize tarefas ligadas à perícia através de um processo automatizado, que não requer atenção e nem processamento consciente, permitindo o desenvolvimento de tarefas mais complexas de solução de problemas, pois estas contam com o conhecimento “procedimental” do ser humano (ANDERSON, 1982). É com a prática que o estudante aprimora suas capacidades de mapear elementos da imagem radiológica (bidimensional) para componentes anatômicos (tridimensional), e desenvolve a consistência de conhecimento simbólico por meio do tratamento explícito de verdades lógicas sobre objetos do domínio descritos em um extenso vocabulário técnico. Isto leva um aprendiz a adquirir meios de diagnosticar casos médicos através de imagens de forma mais precisa (LESGOLD, 1984 e 1989). Portanto, para que tais capacidades sejam desenvolvidas, é necessário que o tutor artificial possua um processo de aprendizagem predominantemente baseado na prática de diagnósticos.

- |   |
|---|
| <p><b>1. Student:</b> . . .the right atrium is enlarged . . .</p> <p><b>2. Tutor:</b> . . .the right atrium is not visible in the image. What justification do you have for saying it is enlarged?</p> <p><b>3. Student:</b> The the right atrium is enlarged because the aorta is calcified.</p> <p><b>4. Tutor:</b> The aorta is calcified, but there are no relationships between the aorta and the right atrium. The real justification is the size of the superior vena cava. Whenever the size of the superior vena cava is not normal, the size of the right atrium is not normal either and vice-versa .What is the size of the heart?</p> <p><b>5. Student:</b> The heart is enlarged because the right atrium is enlarged..</p> <p><b>6. Tutor:</b> The heart is actually markedly enlarged. Whenever the size of the right atrium is not normal, the size of the heart is not normal too . . .</p> |
|---|

**Figura 1 - Diálogo conduzido pelo interpretador**

O ensino de radiologia médica por tutores humanos é tipicamente conduzido por estudos de casos, com base em diálogos na língua natural técnica, os quais são ricos em relações lógicas entre objetos do domínio, principalmente as relações de causa-efeito. Portanto, para desenvolver um sistema tutor inteligente (STI) que produza um efeito pedagógico “semelhante”, é necessário prover funcionalidades que permitam conduzir o processo de ensino/aprendizagem através de um diálogo em uma pseudo-linguagem natural. Isto pode ser atingido por meio de um interpretador pedagógico capaz de entender e criticar relações lógicas entre objetos do domínio, explicitamente citadas pelo aluno, possibilitando assim conduzir um diálogo semelhante ao da figura 1. Além disso, para que tal ensino seja realizado de forma adequada, é importante a capacidade do sistema tutor de armazenar no seu modelo do estudante dados sobre a consistência de conhecimento simbólico.

Para ser possível construir STIs a partir de ferramentas de autoria com *Shells* capazes de processar diálogos semelhantes ao da figura 1, foi necessária a concepção e implementação de ferramentas que incluem técnicas ainda inexploradas, para combinar aspectos como:

- a) um mecanismo capaz de interpretar e realizar críticas a frases que contenham relações lógicas complexas explicitamente citadas pelo aprendiz.
- b) Uma *Shell* de ensino/aprendizagem independente de domínio específico, para ser integrada a um ambiente de autoria para imagens médicas.
- c) Bases de conhecimento em domínios de conceitos visuais, levando em consideração aspectos específicos do processo de ensino/aprendizagem de perícia em cada domínio.

## 2. SISTEMAS DE AUTORIA E ENSINO DE CONCEITOS VISUAIS

Sistemas tutores inteligentes (STIs) podem oferecer grandes vantagens em ambientes passivos de aprendizagem, porém sua construção é muito cara e difícil, por incluir diversos aspectos interdisciplinares, principalmente os de caráter pedagógico. Portanto, faz-se necessário construir sistemas de autoria que visem a redução dos custos, assim como a produção automatizada de material de curso para um grande número de autores (MURRAY, 1997). Isto é possível, pois a maioria dos sistemas de autoria oferecem *shells* que permitem o reuso do mecanismo pedagógico essencial que contém componentes instrucionais ajustáveis em vários níveis de complexidade.

Atualmente, existem vários modelos e ferramentas para construir tutores inteligentes tais como o de O'Shea, um dos pioneiros do campo (O'SHEA et al, 1984), e também uma grande variedade de sistemas de autoria, nos quais são utilizadas diferentes técnicas para viabilizar a construção de STIs. Entre outros, podemos destacar sistemas como o REDEEM (MAJOR, 1997), que visa reduzir o tempo do processo de autoria, diminuindo a necessidade do instrutor modificar o baixo nível instrucional. Ele incorpora teorias da psicologia educacional, o que possibilita construir STIs com um forte enfoque na capacidade de instrução.

Já o Demonstr8 (BLESSING, 1997) visa reduzir a necessidade do autor possuir conhecimento “não específico” de domínio, através do uso de programação por demonstração, tornando o processo de autoria muito mais simples e rápido. Outros sistemas, como o SimQuest (JOOLINGEN et al, 1997), visam a redução do esforço de autoria por meio da troca de conhecimento entre diversos autores e da construção assistida de regras de ensino. De forma mais restritiva em seu conjunto de domínios abrangidos, o sistema denominado RUI (DIRENE, 1997) permite a manipulação da complexidade dos modelos internos de um STI e a interpretação de diálogos tutoriais independentes do domínio de aplicação. Tais diálogos são conduzidos por meio de uma pseudo-linguagem, natural no escopo técnico da radiologia médica.

Com base nesses trabalhos, podemos constatar não só a necessidade de construir STI's com alto potencial reativo de diálogo, mas também a de produzirmos mecanismos reutilizáveis que possibilitem a elaboração destes de forma simples e rápida. Mesmo considerando todas as tentativas relevantes no sentido de construir sistemas de autoria e suas *shells* de STIs, nenhum destes é capaz de entender, criticar e dar continuidade a um diálogo que contenha frases de aprendizes fazendo referência explícita a relações lógicas entre objetos do domínio.

Do ponto de vista de domínios de aplicação para sistemas de autoria e STI, vários deles foram testados para apoiar a aquisição de conhecimento altamente especializado e dependente da prática. Muitas atividades humanas requerem um forte treinamento para que sejam desenvolvidas com facilidade e precisão. Atividades que são suficientemente complexas, tais como o reconhecimento de conceitos visuais, necessitam muitas horas de prática. Para reduzir o custo e viabilizar o treinamento em áreas relacionadas a estes domínios, podemos utilizar

recursos computacionais, através da construção de sistemas de ensino que possibilitem comunicar conhecimentos de princípios e da prática.

Um dos principais trabalhos conceituais aplicados ao reconhecimento visual primário foi desenvolvido por LESGOLD (1984), que descreve importantes aspectos sobre a aquisição de perícia, com maior enfoque nas atividades humanas que requerem um forte treinamento. Neste, destaca-se a combinação de princípio e prática a serem desenvolvidos, além de aspectos da comparação entre especialistas e iniciantes que afetam fortemente o treinamento. O conhecimento é adquirido em estágios: o primeiro se constitui na aquisição de conhecimento declarativo (ou factual), o segundo na compilação de tais fatos com a prática, e o último estágio, no seu uso na forma procedimental (ANDERSON, 1982). A natureza do conhecimento deve ser considerada de forma diferente em cada estágio da aquisição, bem como o comportamento dos aprendizes em relação ao desenvolvimento de tarefas de uma determinada capacidade dentro da perícia.

Em outro trabalho, Lesgold (LESGOLD et al, 1989) descreve de forma detalhada a habilidade de diagnosticar imagens de raio X, com forte enfoque nas diferenças entre médicos residentes com vários níveis de perícia, desde iniciantes até especialistas experientes. Utilizando experimentos, constata-se como especialistas e iniciantes fazem os diagnósticos de imagens através da organização de vários princípios como fisiologia, anatomia, teorias médicas e geometria projetiva de radiografia. Lesgold não construiu sistemas tutoriais para o ensino de conceitos visuais; entretanto, seus trabalhos servem como uma sólida base teórica para se construir estes sistemas.

Posteriormente, SHARPLES (1991) descreveu aspectos importantes no ensino de conceitos visuais auxiliado por computadores. Destacou também características da perícia no reconhecimento de conceitos visuais, bem como aspectos pedagógicos relevantes para a construção de um sistema. São descritos meios para produzir um sistema tutor, como hipermídia e o método hipotético dedutivo para o diálogo entre o tutor artificial e o aprendiz.

Podemos constatar, através destes estudos, a necessidade de um tutor automático entender e criticar relações lógicas explicitamente citadas pelo aluno, uma vez que distinguir corretamente as relações existentes entre elementos da imagem é fundamental para a perícia de diagnóstico de conceitos visuais. Além disso, através da habilidade do tutor automático em entender relações lógicas citadas pelo aluno, é possível ressaltar erros conceituais mais variados e, com isso, criar um modelo do estudante mais detalhado.

Assim como o computador é uma ferramenta de apoio ao diagnóstico radiológico (SWETT, 1992), ele também pode ser uma importante ferramenta de suporte ao ensino na área médica, sendo isto constatado em pesquisas como a realizada por REINHARDT e SCHEWE (1995). Como visto anteriormente, atividades suficientemente complexas, tais como a Radiologia Médica, requerem um forte treinamento com muitas horas de prática, sendo necessário, neste caso, o acompanhamento do instrutor. Isto torna o ensino desta perícia relativamente caro e, em consequência disto, o número de casos vistos por um residente em radiologia é supostamente reduzido. Sendo assim, é necessário construir tutores que possam apoiar o ensino, reduzindo custos e suplementando o material de treinamento através da exposição de uma quantidade consideravelmente maior de imagens radiológicas adequadamente escolhidas (PIMENTEL e DIRENE, 1997), acompanhadas do apoio tutorial interativo necessário à sua compreensão.

Existem poucos STIs direcionados à radiologia médica, mas podemos citar alguns trabalhos como os de SHARPLES e DU BOULAY (1988), que destacam elementos importantes para construir estes sistemas tutores, como a representação do conhecimento do domínio através de *frames* estáticos e dinâmicos, e também estratégias pedagógicas. Já em outro trabalho mais atual de SHARPLES e DU BOULAY (1992), além das dificuldades encontradas ao construir sistemas tutoriais para o ensino de radiologia médica, são também

destacados conjuntos de soluções adotadas para problemas ligados ao aprendizado de radiologia. Posteriormente, Sharples (SHARPLES et al, 1997) descreve aspectos sócio-cognitivos que devem ser considerados na construção de um sistema tutorial para a aquisição da perícia de interpretação de imagens radiológicas, bem como aspectos pedagógicos e conceitos da psicologia educacional. Este embasamento permitiu produzir um tutor para o ensino da interpretação de imagens de ressonância magnética, as quais trazem mais detalhes de complexidade visual que imagens convencionais de raio-x.

No processo de desenvolvimento de um tutor para a interpretação de mamografias, Azevedo (AZEVEDO et al, 1997) apresenta críticas a vários sistemas tutores direcionados a radiologistas, destacando a necessidade de construir sistemas baseados em fundamentos cognitivos como os de Sharples (SHARPLES et al, 1997). O referido tutor inclui uma base teórica oriunda de observações da prática do mundo real, que enfoca fatores pedagógicos implícitos em sessões de treinamento de residentes em hospitais, produzindo assim um protótipo de um tutor para mamografia apoiado em uma base teórica e empírica consistente.

O sistema de autoria RUI, já citado anteriormente (DIRENE, 1997), foi validado com a construção de quatro bases de conhecimento para o ensino de radiologia médica: uma para o ensino de imagens de raio X do tórax, outra para imagens de ressonância magnética de tumores cerebrais, outra para aneurismas abdominais e outra para imagens de alterações do cérebro. O sistema RUI obteve bons resultados, não somente no processo de autoria, mas também no potencial instrucional de suas bases de conhecimento. Porém, nenhum dos STIs direcionados a imagens médicas é capaz de articular conhecimento do aluno com o dele próprio, de forma a complementar relações lógicas entre diferentes conceitos visuais.

### **3. SÓCRATES: UM MÓDULO TUTOR INTELIGENTE**

Um módulo tutor inteligente, denominado SÓCRATES, foi desenvolvido para o ensino de radiologia médica, e é capaz de conduzir diálogos com um estilo que viabilize o processo de aprendizagem. Foi adotado o estilo socrático para o tutor, uma vez que é adequado a esta perícia (SHARPLES, 1991). Estes diálogos são direcionados ao conceito de anomalias, por meio de partes anatômicas (P), características visuais (C), valores de características (V) e relações lógicas entre estes conceitos, como por exemplo relações de causa-efeito. Podemos subdividir a elaboração deste módulo tutor em três mecanismos principais: (1) um interpretador pedagógico de frases do aprendiz, (2) um construtor de representação de conhecimento e (3) o suporte lógico necessário à interpretação pedagógica.

#### **3.1 O INTERPRETADOR PEDAGÓGICO**

Para a construção de um interpretador tutorial, primeiramente devem ser considerados os aspectos pedagógicos que podem influenciar na aprendizagem. Para tanto, é necessário um estudo cognitivo que possibilite criar uma base conceitual capaz de direcionar este interpretador no contexto pedagógico. Em radiologia médica, um estudo foi realizado através da análise de transcrições de diálogos observados entre tutores humanos de radiologia e residentes em radiologia, em diversos contextos.

A partir deste estudo cognitivo, o qual enfocou a abundante presença de relações lógicas complexas entre objetos do domínio nos diálogos analisados, foi possível constatar alguns elementos importantes para a interpretação pedagógica destas relações. Entre outros, podemos destacar a necessidade de orientar, de forma diferente, erros graves ou apenas imprecisões cometidas pelo aprendiz quando este diz explicitamente uma relação lógica. Dentre os vários erros que podem ser cometidos pelo estudante, podemos destacar a afirmação da ausência ou

presença de anomalias ou relações lógicas quando estas não existem na imagem. Já entre as possíveis imprecisões cometidas pelo aluno, podemos citar a afirmação de valores (V) relativamente próximos dos reais e a constatação de relações lógicas parciais, mesmo que incorretas, tendo um certo grau de proximidade com as relações existentes no domínio.

Para o interpretador socrático elaborar uma crítica adequada à frase do aprendiz, foi necessário considerar não só aspectos lógicos, tais como a obtenção de valor-verdade e instanciações de variáveis, mas também parâmetros pedagógicos. Isto se deu por meio da procura de relações complexas relevantes na base de conhecimento e da elaboração de críticas sobre estas relações. Os parâmetros de relevância pedagógica de Sócrates são computados em conjunto com a shell do sistema RUI (DIRENE, 1997), a qual se baseia em quatro efeitos: (1) visibilidade de características, (2) granulação da anatomia, (3) ações *default* de ensino e (4) regras de ensino específicas do domínio.

Entretanto, para obter tais resultados, o interpretador executa um processo de decisão em uma modalidade de raciocínio lógico adequado à frase do aprendiz que contém relações entre objetos do domínio. Esta decisão é feita com base na escolha de regras de inferência como: modus ponens, modus tollens, silogismo hipotético, etc, utilizando para esta escolha parâmetros obtidos através do estudo cognitivo realizado.

### 3.2 REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO

Para a manipulação correta do conhecimento pelo interpretador Sócrates, foi necessário criar uma representação de conhecimento baseada em lógica clássica de primeira ordem. Porém, como este é integrado à ferramenta de autoria do sistema RUI, foi necessária a construção de um sub-sistema, capaz de mapear a representação produzida durante a fase de autoria para uma representação adequada ao interpretador socrático.

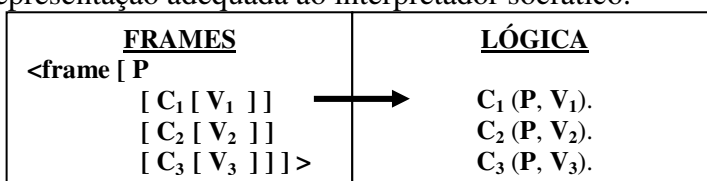


Figura 2 – Exemplo do mapeamento de um frame para uma expressão lógica

Para a construção deste sub-sistema, foram utilizadas metodologias como a sugerida por Hayes (HAYES, 1985), que propôs transformar uma estrutura baseada em frames (MINSKY, 1975), orientada a objeto, para uma representação equivalente em lógica de predicados de primeira ordem (de representação por assertivas lógicas). Conforme a Figura 2, P significa parte anatômica, C a característica visual, e V o valor da característica. A utilização desta metodologia permite mapear o conhecimento de uma representação para outra, sem que haja perdas semânticas capazes de influenciar no funcionamento do interpretador socrático.

Na figura 3, temos um exemplo de base de conhecimento produzida com este método. Esta base pode ser dividida em duas partes: na primeira, temos descritas partes anatômicas (coração, aurícula direita e veia cava superior), características (tamanho) e valores (marcadamente grande). Já na segunda, temos relações lógicas, como, por exemplo, uma relação de causa-efeito (relação entre o tamanho da veia cava e o tamanho da aurícula direita).

<u>FATOS</u>	<u>RESTRICÇÕES</u>
<pre>aorta(sp157). right_atrium(sp_158). superior_vena_cava (SP_161). size(sp_158, markedly_enlarged) size(sp_161, markedly_enlarged) . . .</pre>	<pre>forall _x forall _y forall _z ( superior_vena_cava(_x) &amp; size(_x, _y) &amp; ~(_y = "normal") &lt;=&gt; exists _w ( right_atrium(_z) &amp; size(_z, _w) &amp; ~( w = "normal") ) . . .</pre>

Figura 3 – Exemplo de base lógica

### 3.3 INTERPRETAÇÃO LÓGICA

A frase do aprendiz é traduzida da linguagem natural para uma fórmula lógica com uma representação semelhante à relação contida na base de conhecimento da figura 3. Para dar suporte à interpretação pedagógica, foi necessário construir um interpretador lógico que realizasse manipulações entre as representações da base de conhecimento e a representação desta frase. Exemplos de manipulações são o cômputo de valor-verdade de expressões lógicas, *backtracking* e instanciação de variáveis. Durante a construção do interpretador lógico, foram adotadas hipóteses simplificadoras, pois utilizamos um sub-conjunto da lógica de primeira ordem, obtendo através destas um interpretador livre de problemas comuns em algoritmos de resolução para esta lógica, como por exemplo repetições infinitas.

$(\text{Exist } _x ( \text{superior\_vena\_cava} ( _x ) \& \text{size} ( _x, w ) \& ( w == \text{"enlarged"} ) ) )$ <b>Resposta:</b> False <b>Variáveis :</b> x = sp_161, w = markedly_enlarged	$\text{Exist } _y ( \text{right\_atrium} ( _y ) \& \text{size} ( _y, z ) \& ( z == \text{"enlarged"} ) )$ <b>Resposta:</b> True <b>Variáveis :</b> y = sp_158, z = enlarged
---	---

Figura 4 – Fragmentos de resultados do interpretador lógico

A figura 4 ilustra o funcionamento do interpretador lógico em uma frase do aprendiz, o qual é requisitado pelo interpretador pedagógico para suas partes. Considere a seguinte frase citada pelo aluno: *“the right atrium is enlarged because the superior vena cava is enlarged.”*. Através de um processador de linguagem natural, a frase pode ser traduzida para a fórmula lógica:  $\text{Exist } _x ( \text{superior\_vena\_cava}( _x ) \& \text{size}( _x, w ) \& ( _w = \text{"enlarged"} ) ) \rightarrow \text{Exist } _y ( \text{right\_atrium}( _y ) \& \text{size}( _y, z ) \& ( _z = \text{"enlarged"} ) )$ . Após este passo, o interpretador pedagógico reconhece que o aluno disse uma relação de causa-efeito simples e, considerando a base da figura 3, ele utiliza a regra de inferência de “eliminação por equivalência” e parâmetros pedagógicos para constatar que o aluno queria dizer a relação existente na base de conhecimento.

O interpretador pedagógico, então, requisita ao interpretador lógico o cômputo de um valor-verdade e a instanciação de variáveis, para a primeira parte da fórmula lógica. Com base nos resultados da interpretação lógica, o interpretador pedagógico constata que trata-se de uma frase “imprecisa” do aprendiz (não incorreta). Após isto, o interpretador pedagógico submete a segunda parte da frase ao interpretador lógico, como continuação da primeira (a segunda parte pode utilizar variáveis da primeira), e constata que esta está correta. A partir destes parâmetros analisados, entre outros, o tutor compõe, como parte da crítica, as seguintes frases: *“The superior vena cava is not enlarged, it is markedly enlarged. Whenever the size of the superior vena cava is not normal, the size of the right atrium is not normal too and vice-versa.”*

## 4. DISCUSSÃO

Com a utilização do formalismo lógico apresentado neste trabalho, podemos obter vantagens para a implementação de diálogos socráticos. Estes diálogos possuem cinco características principais: (1) os requisitos expostos são direcionados para conduzir um interrogatório e não para um diálogo, (2) as regras são restritas ao propósito de controlar o aluno e não o tutor, (3) as respostas devem ser limitadas ao ponto abordado pela última questão, (4) elas devem ser tão breves quanto possível e (5) o propósito dos números 3 e 4 serem sido criados foi o de manter uma rigorosa conexão entre as questões perguntadas. Uma vez adotado este formalismo lógico, enfocando construir um diálogo com tais características, é

possível obter vários benefícios, como: conduzir o aprendiz a uma reflexão mais precisa sobre a inconsistência de sua fala, maior fluidez no diálogo, que passou a ser orientado por relações entre anomalias, e resumir, sob um único ângulo, a apresentação breve de várias anomalias interrelacionadas.

Um outro avanço promovido através da utilização deste interpretador refere-se ao conhecimento que o tutor possui sobre o estudante. Com ele, podemos avançar de um modelo de aprendiz que utiliza puramente técnica de superposição (GOLDSTEIN, 1982), para um modelo híbrido mais preciso sobre o conhecimento do estudante, combinando esta técnica com mecanismos de raciocínio lógico. Sendo assim, tornou-se possível armazenar neste modelo, através da utilização de tais mecanismos, dados mais precisos sobre a consistência de conhecimento simbólico, que é um dos principais componentes da perícia radiológica. Em consequência disto, é possível classificar melhor o aluno durante o processo da aquisição de perícia, através da diferenciação detalhada entre estereótipos de aprendizes, de acordo com o conhecimento que o usuário possui sobre o domínio. Da mesma forma, também aumenta a autonomia do sistema tutor para conduzir um processo de aprendizagem guiado não só pela aquisição de conceitos sobre características anatômicas, mas também pela aquisição de relações lógicas existentes entre estas, diferenciando a sua abordagem para cada nível de competência do aprendiz.

Apesar dos avanços, o sistema ainda não é capaz de tratar incertezas lógicas explícitas nas relações. Atualmente, o módulo Sócrates apenas trata incertezas pedagógicas. Frases como as apresentadas a seguir não são possíveis de serem tratadas através deste mecanismo lógico. Suponha que o tutor pergunte a seguinte frase ao aprendiz: “*É comum um processo neoplásico apagar as linhas de gordura?*” e o aluno responde: “*É mais comum um processo inflamatório fazer isso, mas um tumoral também pode fazer*”. Para tanto, seria necessário aplicar a este contexto mecanismos lógicos mais avançados do que lógica clássica de primeira ordem, capazes de lidar com incertezas e probabilidades. Isto levaria a um estudo detalhado não só sobre o ângulo de construção de *shells*, mas também sobre quais mecanismos deveriam existir para possibilitar o processo de autoria de elementos do domínio.

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho visa suprir a necessidade de construir *Shell's* que sejam capazes de interpretar e criticar relações lógicas entre objetos do domínio. Em tutores direcionados ao ensino de determinadas perícias, tais como conceitos visuais para a radiologia médica, esta necessidade é ainda mais evidente. Assim, com a construção deste interpretador sócrático, foi possível obter melhorias significativas no processo de condução de diálogos, melhorias estas que incidem principalmente sobre a interface tutorial e o modelo do estudante. Entretanto, para atingi-las, foi necessária a utilização de técnicas ainda inexploradas, como a construção de um mecanismo lógico-pedagógico capaz de interpretar e realizar críticas a frases que contenham relações lógicas complexas explicitamente citadas pelo aprendiz.

Como trabalho futuro, estamos expandindo este mecanismo para reconhecer questões hipotéticas (explícitas ou implícitas) apresentadas pelo aprendiz, as quais podem ser criticadas pelo tutor em dois passos: (1) comentários simbólicos/textuais de forma genérica no plano da anomalia, (2) apresentação de imagens de exemplos adequados, em conformidade com estes comentários, para ilustrar visualmente a idéia. Isto permitirá ao sistema tutor levar em consideração variações das características de uma imagem específica sendo enfocada no diálogo, assim como as implicações de tais variações do ponto de vista da prática clínica.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, J. R. (1982). Acquisition of Cognitive Skill, *Psychological review*, p. 369-406.
- Azevedo, R., Laloie, S., Desaulniers, M., Fleischer, D. e Bret, P. (1997). RadTutor: the Theoretical and Empirical Basis for Design of a Mammography Interpretation Tutor, *Anais da World Conference on Artificial Intelligence in Education*, B. du Boulay e R. Mizoguchi (Eds.), p. 386-393. IOS Press.
- Blessing, S. B. (1997). A Programming by Demonstration Authoring Tool for Model-Tracing Tutors, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 8, p. 233-261.
- Direne, A. I. (1997). Authoring Intelligent Systems for Teaching Visual Concepts, *International Journal of Intelligence in Education*, v.8 n. 1, p. 44-70.
- Goldstein, I. P. (1982). The Genetic Graph: a Representation for Evolution of Procedural Knowledge. *Intelligent Tutoring Systems*, D. H. Sleeman e J. S. Brown. Academic Press, p. 51-77.
- Hayes, J. P. (1985). The Logic of Frames, *Readings in knowledge representation*, R. J. Brachman e H. J. Levesque. Morgan Kaufmann.
- Joolengen, W., King, S., e Jong, T. (1997). The SimQuest Authoring System for Simulation-Based Discovery Learning, *Artificial Intelligence in Education*, B. du Boulay e R. Mizoguchi (Eds.), p. 79-86. IOS Press.
- Lesgold, A. M. (1984). Acquiring Expertise. In Anderson, J. R. and Kosslyn, S. M., *Tutorials in Learning and Memory: Essays in Honor of Gordon Bower*, p.31-60. W. H. Freeman.
- Lesgold, A. M. (1989). Rubinson, H., Glasser, P. F. R., Klopfer, D. e Wang, Y., Expertise in a Complex Skill: Diagnosing x-ray Pictures. *Em Chi, M., Glasser, R., and Farr, M., editors, The Nature of Expertise*. Lawrence Erlbaum.
- Major, N. (1997). REDEEM: Exploiting Symbiosis Between Psychology and Authoring Environments, *International Journal of Intelligence in Education*, 8, p. 317-340.
- Minsky, L. M. (1975). A Framework for Representing Knowledge, *The Psychology of Computer Vision*, P. H. Winston. McGraw-Hill.
- Murray, T. (1997). Expanding the Knowledge Acquisition Bottleneck for Intelligent Tutoring Systems, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 8, p. 222-232.
- O'Shea, T., Bornat, R., Du Boulay, B., Eisenstadt, M., e Page, I. (1984). Tools for Creating Intelligent Computer Tutors. *Em Elithorn, A. and Barneji, R., editors, Human and Artificial Intelligence*, North-Holland.
- Pimentel, A., e Direne, A. I. (1997). Medidas Cognitivas Para o Ensino de Conceitos Visuais com Sistemas Tutoriais Inteligentes, *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, p. 131-142.
- Reinhardt, B. e Schewe, S. (1995). A Shell for Intelligent Tutoring Systems, *Anais da World Conference on Artificial Intelligence in Education*, p. 83-90. ACCE.

- Sharples, M. e Du Boulay, B. (1988). Knowledge Representation, Teaching Strategy and Simplifying Assumptions for a Concept Tutoring System, *Anais da European Conference on Artificial Intelligence*, p. 268-270.
- Sharples, M. (1991). Computer-based Tutoring of Visual Concepts: From Novice to Expert, *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, p. 123-132.
- Sharples, M. e Du Boulay, B. (1992). Heart and Head: the Radiology Tutor and Beyond, *Rivista di Neuroradiologia*, 5, p. 465-471.
- Sharples, M., Du Boulay, B., Teather, D., Teather, B.A., Jeffery, N. e Du Boulay, G.H. (1997). The Cognitive Basis for an MR Image Tutor , *Anais da World Conference on Artificial Intelligence in Education*, B. du Boulay e R. Mizoguchi(eds.), p.402-409. IOS Press.
- Swett, H. A. (1992). Computers: Power Tool for Imaging Diagnosis, *Diagnostic Imaging International*, p. 29-37.