

# MEDIDAS COGNITIVAS PARA O ENSINO DE CONCEITOS VISUAIS COM SISTEMAS TUTORIAIS INTELIGENTES.

Andrey Ricardo Pimentel

Alexandre Ibrahim Direne

Depto. de Informática - UFPR

Centro Politécnico - Jardim das Américas

CEP: 81531-990 - Curitiba PR.

andrey@inf.ufpr.br, alexd@inf.ufpr.br

## RESUMO

Este artigo apresenta uma abordagem genérica de medidas cognitivas para a descrição e ordenação da base de imagens radiológicas de ITS destinados ao ensino de conceitos visuais. O enfoque abrange o processo de autoria por meio de ferramentas de software que auxiliam a criação de seqüências adequadas de ensino as quais tendem a causar uma redução no tempo de aprendizado do aluno e possibilitar a utilização diversas estratégias pedagógicas. Relatamos um estudo de caso para exemplificar a utilização das medidas cognitivas no ensino de diagnóstico em tomografias computadorizadas de tumores cerebrais.

## ABSTRACT

This article reports on the application of general cognitive measures to describe and order the database of radiological images of ITSs aimed at the teaching of visual concepts. The methodology adopted embraces the authoring process by means of software tools that aid the creation of appropriate teaching sequences which tend to cause a reduction in a student's learning time and to allow the use of various pedagogic strategies. We also present a case study to illustrate the use of cognitive measures in the teaching of brain lesions through CT scans of the head.

**Palavras-chave:** Ensino baseado em computador, sistemas tutores inteligentes, representação de conhecimento, ensino de conceitos visuais.

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho consiste na conceituação de medidas cognitivas para ordenar um conjunto de imagens de um Sistema Tutor Inteligente (ITS) e na implementação de ferramentas de *software* baseadas nestas medidas. A classe de ITS compreendida no escopo desta pesquisa é dirigida ao ensino de “conceitos visuais”, em especial os de

radiologia médica. O objetivo é possibilitar a automação de uma boa escolha da próxima imagem a ser trabalhada com o aprendiz, simulando a experiência do professor, a fim de minimizar o tempo de aprendizado e possibilitar a utilização de diversas estratégias pedagógicas.

Em uma sessão de ensino tradicional ou por computador, após terminar a discussão em cima de um exemplo apresentado, o professor simplesmente escolhe outro exemplo e continua a sessão. O grande problema é como selecionar adequadamente o próximo exemplo. Em uma turma real, o professor usa a sua experiência. Nos sistemas tutores, esta escolha ainda não está formalizada, pois os próprios professores não sabem dizer exatamente quais os critérios usados para tal. Os ITS existentes tendem a usar ordens fixas, preestabelecidas, todas fortemente baseadas na frequência com que um exemplar ocorre na realidade. Além disso, tais sistemas são aplicados a apenas um domínio de especialidade, ignorando totalmente as dimensões de autoria e interpretação, generalizados para a ordenação de imagens em diversos domínios de conceitos visuais.

O sistema RUI (Representations for Understanding Images) é um ambiente, construído por Direne [Dir93] para o projeto e implementação de ITS para ensino de conceitos visuais. Basicamente é um ambiente onde um especialista no ensino de radiologia médica, auxiliado por um especialista em representação de conhecimento, consegue projetar um ITS e modificá-lo facilmente sem a necessidade de ferramentas convencionais de programação, como compiladores.

O Sistema RUI é basicamente dividido em três partes: o nível conceitual, o nível de produção e o nível de ensino. O nível conceitual é o que permite a descrição de classes de anomalia e todo o conhecimento relativo a elas, sem entrar nos detalhes referentes às imagens. Cada imagem é considerada como uma instância de uma classe de anomalia e é descrita no nível de produção. O nível de ensino é o responsável pela interface do sistema com o aprendiz.

Os conceitos por nós considerados são relacionados ao ensino de radiologia médica. O ensino de conceitos visuais em radiologia médica é aplicado em pessoas que já possuem um grande conhecimento da área médica mas não possuem a perícia em radiologia [LRFG89]. Os estudantes são médicos formados em fase de residência. A aquisição da perícia pode ser considerada mais como um treinamento do que ensino, propriamente dito, pois os alunos iniciantes já possuem o conhecimento de princípios de

radiologia, mas não conseguem construir uma representação mental dos problemas apresentados e usar seu conhecimento para resolver tais problemas [Les84].

Um sistema tutor inteligente para o ensino ou treinamento em radiologia, passa o conhecimento através de exemplos (imagens). Segundo Seidel, Park & Perez [SPP88] os sistemas tutores inteligentes podem ser divididos em alguns módulos básicos: módulo do modelo do estudante, que contém o conhecimento sobre o estudante; módulo do domínio, que contém o conhecimento que está sendo ensinado e o módulo tutorial, que trata de como deve ser transmitido o conhecimento. Um sistema tutor inteligente que permite que as sessões de ensino sejam criadas ou editadas é chamado de ambiente de autoria, e a linguagem usada nesta criação é chamada de linguagem de autoria [Dir93].

Os Ambientes de Autoria são uma importante família na área do ensino baseado em computador. Entre os principais Ambientes de Autoria de ITS estão, por exemplo, o *Courseware Development Templates* [SBB84], o COCA [MB91], o DACTN [MW92] e o sistema RUI [Dir93], que serve de base para este trabalho, pois é o único desenvolvido especificamente para o ensino de conceitos visuais.

Entre os raros ITS para o ensino de conceitos visuais em radiologia médica temos o *Radiology Tutor* [Sha89] e o *MRI-Tutor* [Dir93], tendo sido este último desenvolvido usando o ambiente de autoria RUI. Em uma sessão de ensino destes ITS cada exemplo é discutido com o aprendiz, onde um diagnóstico é construído de forma evolutiva. As sessões de ensino são alimentadas a partir de uma base de exemplos, composta por imagens associadas a cada classe de anomalia. No estado atual, os sistemas são capazes de adaptar o diálogo, no curto prazo, para cobrir uma deficiência do aluno, mas não mudam a seqüência de exemplos apresentados no longo prazo.

Para que os ITS executem, além de reações durante a discussão de um exemplo, uma escolha adequada do próximo exemplo, é necessário que seja representado em sua base de conhecimento, informações cognitivas a respeito destes exemplos. É necessário que um ITS consiga orientar melhor o aluno e principalmente adaptar melhor sua estratégia de ensino, escolhendo mais adequadamente os próximos exemplos, conseguindo assim manter a motivação do aluno em um nível alto e melhorar a eficiência do processo de ensino.

## 2 MEDIDAS COGNITIVAS

As medidas cognitivas são uma forma de conseguirmos obter algum meta-conhecimento sobre os exemplos de uma base de conhecimento de um ITS. Elas também são os principais elos entre o modelo do domínio de um ITS e seu modelo de estudante.

Uma descrição das características do estereótipo de um médico radiologista perito foi realizada por Cury [Cur96] em conjunto com a Escola Paulista de Medicina da UFSP. Ele descreveu algumas características fundamentais para a aquisição da perícia em radiologia médica. As mais significativas são a capacidade de visão tridimensional, a capacidade de diagnóstico diferencial e o vocabulário técnico.

Para conseguir uma medida que quantifique cognitivamente um exemplo ou uma imagem, no caso do ensino de conceitos visuais, a ser mostrado para um aprendiz, precisamos analisar como este exemplo irá contribuir para a evolução do aprendizado. A *carga cognitiva* de um exemplo, pode ser definida como a capacidade que um exemplo tem em exercitar o aprendiz na construção de um diagnóstico. A carga cognitiva do exemplo pode ser dividida em algumas componentes. Cada uma destas componentes irá medir um tipo de contribuição ao aprendizado.

No caso do ensino de conceitos visuais para radiologia médica existem algumas medidas, referentes a imagens, já bastante usadas, que são, segundo Cury [Cur96], a frequência, a saliência e a confiabilidade. A frequência é dada pela quantidade de ocorrências de imagens semelhantes ao exemplo no conjunto das imagens da classe de anomalia à qual o exemplo pertence. A saliência mede o valor qualitativo resultante do somatório de contribuição de características relevantes para o diagnóstico principal desta imagem que estejam, de alguma forma, exageradamente aparentes, ou seja, se uma lesão está muito visível isto quer dizer que ela esta saliente. A confiabilidade nos diz o quanto o exemplo tem características próximas de outros exemplos da mesma classe de anomalia, o que indica o quanto é fácil dar um diagnóstico para este exemplo, ou seja a diagnosticidade da imagem.

As medidas citadas acima, são próprias para o ensino de conceitos visuais em geral, podendo ser usadas tanto em radiologia médica como em outro domínio como a geologia ou a botânica. Uma imagem apresentada ao aluno contribui também para a aquisição das características do *estereótipo* de um radiologista perito. Cada imagem tem

peculiaridades que contribuem mais para a aquisição de determinadas características do estereótipo que outras. Isto nos leva a definir medidas próprias da radiologia médica. Estas medidas são definidas a partir do *estereótipo* de um radiologista perito e elas são usadas justamente para quantificar a exigência desta imagem em cada uma das características deste estereótipo.

Podemos medir a exigência da imagem para cada uma das características do *estereótipo* de um radiologista perito definidas por Cury [Cur96]. A capacidade de visão tridimensional, a capacidade de diagnóstico diferencial e sinônimos técnicos foram escolhidas porque cada uma delas representa um tipo diferente de componente do diagnóstico. A visão tridimensional representa a componente visual, diagnóstico diferencial representa a componente da análise dos esquemas mentais de problemas já resolvidos e sinônimos técnicos representa a componente da expressão verbal.

A medida visão tridimensional é definida como o quanto a imagem como um todo exige do aprendiz a habilidade em inferir uma terceira dimensão a partir de uma imagem bidimensional. A medida diagnóstico diferencial quantifica a imagem pela exigência da habilidade do aprendiz em procurar detalhes importantes na imagem para diagnosticá-la como uma imagem de uma doença em vez de outras semelhantes. Vocabulário técnico mede o quanto a imagem exige da capacidade que o aprendiz tem em usar termos técnicos mais específicos e precisos para o diagnóstico em vez de usar termos mais genéricos.

A carga cognitiva de uma imagem é conseguida através da composição das medidas cognitivas desta imagem. Cada medida contribui com uma parcela da carga cognitiva, mas esta contribuição não é uniforme. Cada medida tem um peso diferente na composição da carga cognitiva. Um exemplo disto são as medidas frequência e sinônimos técnicos. A frequência tem um peso muito grande, enquanto que sinônimos técnicos tem um peso considerado pequeno. Os pesos de cada medida são obtidos através de informações dos especialistas no ensino de radiologia.

Para simplificar a aquisição dos pesos das medidas através de um especialista, utilizamos um valor constante para cada peso. Este valor foi conseguido empiricamente no estudo de caso. Para frequência, saliência e confiabilidade os valores são negativos devido a serem inversamente proporcionais à carga. Para as demais, os valores são positivos.

### 3 UM ESTUDO DE CASO

Para ilustrar a utilização das medidas cognitivas no ensino de conceitos visuais para radiologia médica, fizemos um estudo com um especialista no ensino de radiologia e com uma base de imagens radiológicas. Os objetivos deste estudo foram: conseguir uma forma mais interessante para que o próprio especialista possa descrever cognitivamente estas imagens, determinar empiricamente o peso de cada medida no cálculo da carga cognitiva, avaliar a relevância de cada medida usada e validar a utilidade das medidas cognitivas na ordenação de uma seqüência de exemplos a ser mostrada ao aprendiz.

O nosso estudo foi feito com a colaboração do departamento de Radiologia da UFPR, situado no Hospital das Clínicas. Este departamento possui uma coleção muito grande de imagens radiológicas de diversos tipos sendo que desta, uma das partes mais significativas é a coleção de tomografias computadorizadas sobre tumores cerebrais, que foi escolhida como objeto do nosso estudo.

O estudo foi feito em quatro etapas principais. A primeira etapa foi basicamente a apresentação das medidas cognitivas para o especialista e discussão sobre a utilização delas em um sistema computadorizado de ensino.

A segunda etapa consistiu da criação de um formulário e da validação deste para a coleta de dados cognitivos sobre as imagens. A escolha de um formulário se deu pelo fato que esta é uma forma de aquisição de dados muito simples de ser implementada computacionalmente e que é muito usada no meio hospitalar.

Para a etapa de coleta dos dados foram escolhidas vinte e duas imagens de tomografia computadorizada de tumores cerebrais. O especialista atribuiu valores para as medidas cognitivas para as imagens como um todo e para as características das lesões. Nesta etapa, também, coletamos do especialista possíveis valores para os pesos de cada medida no cálculo da carga cognitiva.

Na etapa de análise dos dados cognitivos coletados, o especialista classificou separadamente as imagens e os formulários das mesmas imagens. Ao mesmo tempo fizemos a mesma classificação das imagens usando as cargas cognitivas calculadas pela ferramenta implementada para este estudo e descrita na seção 4.

As classificações das imagens feitas pelo especialista e pelo sistema, através da carga cognitiva tiveram resultados muito pouco diferentes. Os resultados destas

classificações, mostrados na tabela 1, nos induzem a concluir que, apesar da ordenação computadorizada não estar muito próxima da real, se a dividirmos em grupos como foi efetuado pelo especialista, observamos que estes grupos terão basicamente os mesmos elementos, sendo apenas a ordem diferente. O que indica, a princípio, que a carga cognitiva é uma medida eficiente para representar conhecimento cognitivo sobre as imagens, apesar de que para uma maior exatidão, existe a necessidade de mais medidas, inclusive medidas de características da lesão.

classificação feita pelo especialista através das imagens	
tipos de casos	número das imagens
casos fáceis	6, 8, 9, 12, 13, 3, 2, 19, 17, 18 e 22
casos médios	1, 5, 7, 20, e 15
casos difíceis	14, 16, 4, 10, 11 e 21
classificação feita pelo sistema usando a carga cognitiva	
18, 22, 17, 13, 3, 12, 19, 8, 9, 1, 20, 15, 7, 6, 5, 2, 4, 10, 14, 21 e 16	

Tabela 1 - Classificação cognitiva das imagens do estudo de caso

#### **4 SEQUENCE: UMA FERRAMENTA DE AUTORIA PARA MEDIDAS COGNITIVAS**

Esta ferramenta tem por objetivo permitir que o autor de um ITS utilize a carga cognitiva de diagnóstico dos exemplares para a estruturação de uma seqüência de sessões de ensino que estarão disponíveis para treinandos. É uma ferramenta para auxiliar o processo de autoria de ITS.

A ferramenta Sequence permite que um ITS construído usando o ambiente RUI tenha um controle maior sobre a sessão de ensino. No estado original, o RUI permitia um controle das sessões apenas no ensino de uma imagem isolada, ou seja, o ITS é ativo apenas no que diz respeito ao controle do diálogo para o escopo do exemplar corrente. A escolha dos exemplos que devem ser apresentados ao aprendiz no longo prazo fica totalmente por conta de um tutor humano ou do próprio aprendiz. Sequence permite que o autor do ITS determine quantos e quais são os exemplos que serão mostrados ao usuário, tanto de maneira direta, indicando os próprios exemplos,

como de maneira indireta, indicando parâmetros para que o próprio ITS escolha estes exemplos.

A autoria usando a Sequence é realizada em dois níveis. O primeiro nível é o de cursos. Neste nível o autor irá determinar o formato de uma sessão de ensino: quantas imagens irão compô-la, quais serão estas imagens, a sua ordem de apresentação e outros parâmetros que controlem a apresentação das imagens durante o curso.

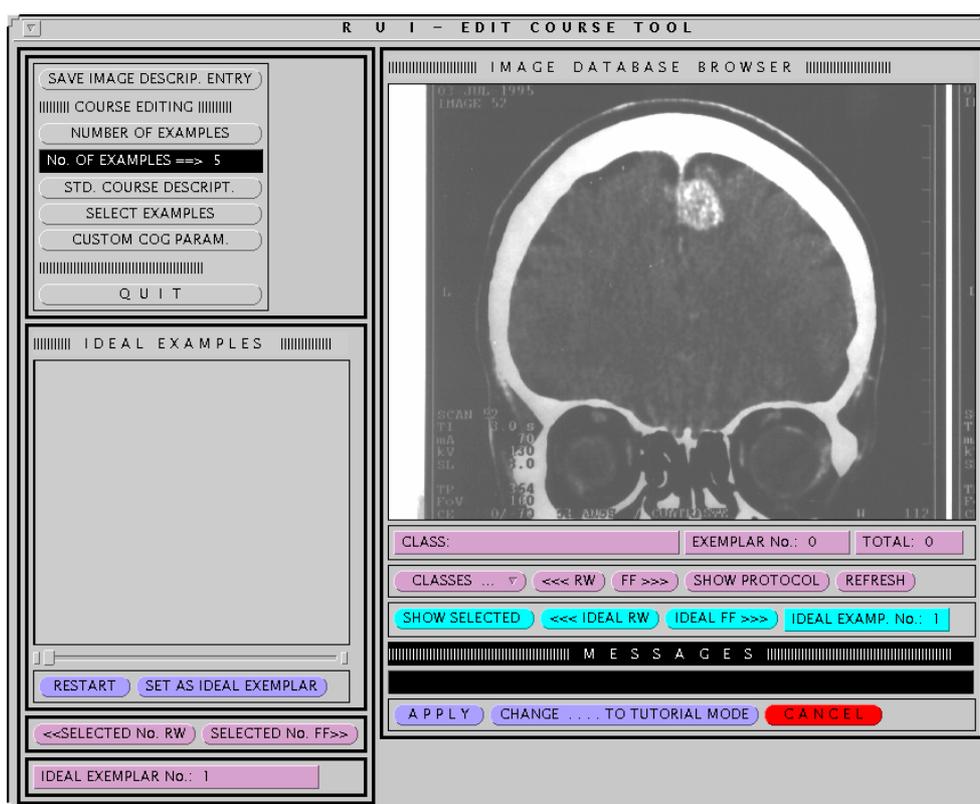


Figura 1 - Janela principal do nível de autoria de cursos da Sequence

Para executar estas funções, a ferramenta possui uma interface gráfica para facilitar o trabalho do autor do ITS, e uma camada de software que permite a manipulação do conhecimento armazenado na base de *frames* do ITS. Um exemplo da interface deste nível é mostrado na figura 1.

O outro nível de autoria é o de descrição cognitiva de imagens. É um complemento do nível de produção do sistema RUI [Dir93]. A principal função deste nível é possibilitar ao autor do ITS armazenar o conhecimento sobre a capacidade cognitiva de cada exemplar junto com as outras informações de descrição de imagens

atribuídas através do ambiente RUI. Consideramos que as medidas cognitivas fazem, também, parte da descrição de uma imagem. A Sequence, neste nível complementa a descrição da imagem permitindo a atribuição de valores que irão quantificá-la cognitivamente. A interface deste nível é apresentada na figura 2.

Label	Current Value
CURRENT FREQUENCY VALUE:	moderate
CURRENT SALIENCE VALUE:	extremely
CURRENT RELIABILITY VALUE:	extremely
CURRENT 3-D VISION VALUE:	fair
CURRENT DIFFERENTIAL DIAGNOSIS VALUE:	very
CURRENT TECHNICAL SYNONYMS VALUE:	moderate

Figura 2 - Janela principal do nível de descrição de imagens da Sequence

A conexão entre os níveis de curso e de descrição cognitiva se dá através dos valores cognitivos. Estes valores são atribuídos a cada imagem no nível de descrição cognitiva e servirão para que o autor do curso saiba a carga cognitiva de cada imagem e assim possa escolher e/ou parametrizar a escolha automática delas.

## 5 CONCLUSÕES

Neste trabalho encontramos e descrevemos medidas de relevância cognitiva para ordenar uma dada base de exemplos, de modo a permitir que o modelo tutorial de um ITS modifique facilmente a ordem de apresentação das imagens. As medidas encontradas quantificam o potencial que a imagem tem em exercitar o aprendiz em uma determinada capacidade que ele deve desenvolver para se tornar perito. Elas, também, medem e representam computacionalmente a carga cognitiva destas imagens e

minimizam os componentes subjetivos desta. Além disto estas medidas visam a individualização do ensino, isto é, permitem a aplicação de estratégias pedagógicas que mais se adaptam ao aprendiz e permite mudanças para corrigir eventuais falhas do aluno e mantê-lo em um estado motivacional alto [SB95], assim tentando reduzir o tempo de aprendizado.

A maior contribuição deste trabalho foi prover um modelo aplicado à autoria de um ITS no que diz respeito à parte estratégica do ensino, ou seja, na escolha do exemplo mais adequado a ser apresentado ao aprendiz, aproximando o modelo tutorial de um ITS ao modelo de domínio. Este modelo permite que as medidas cognitivas sejam usadas pelos diversos módulos de um ITS, servindo de comunicação entre eles. As medidas cognitivas têm um papel importante na autoria das táticas e estratégias tutoriais em um ITS, servindo para regular a intensidade das diversas sessões tutoriais de um curso.

Através do estudo de caso conseguimos analisar a relevância destas medidas na quantificação da carga cognitiva de cada imagem. Conseguimos, também, adquirir conhecimento sobre o comportamento destas medidas durante o ensino de radiologia.

Como trabalho futuro, propomos um estudo na área da interpretação tutorial de um ITS, ou seja, o projeto e implementação de um modelo tutorial para um ITS tanto para a parte estratégica (longo prazo) como para a parte tática (curto prazo). A construção de um modelo tutorial independente de domínio, daria ao ITS, maior possibilidade de controle ao autor sobre a modelagem da sessão de ensino e, também, explicitaria a utilização das estratégias e táticas de ensino que serão usadas.

Derivada desta proposta temos uma outra que é a definição e implementação de uma interface de comunicação entre os modelos tutorial e do estudante de um ITS. A interseção entre os modelos do estudante e o tutorial é muito grande num ITS. Um modelo tutorial precisa das informações que o modelo do estudante obtém sobre o desempenho e, até mesmo, sobre o estado motivacional do aprendiz. Portanto, a definição desta comunicação vai ajudar na construção de ITS, facilitada provavelmente pela utilização de arquiteturas baseadas em multi-agentes [OV96].

Outro trabalho futuro, é a realização de um estudo mais aprofundado para a utilização de medidas cognitivas no ensino de programação de computadores. Estas

medidas serão definidas com base em métricas dos problemas, mas principalmente com base nas características do estereótipo de um perito em programação.

### **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a colaboração do prof. Arnolfo de Carvalho Neto que orienta o programa de residência em radiologia do departamento de Radiologia da UFPR, situado no Hospital das Clínicas. O prof. Arnolfo participou deste trabalho como especialista no ensino de radiologia.

## REFERÊNCIAS

- [Cur96] Cury, D.. *FLAMA: Ferramentas e Linguagem de autoria para a Modelagem da Aprendizagem*. Tese de Doutorado, Divisão de Pós-graduação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos. 1996.
- [Dir93] Direne, A.I.. *Methodology and Tools for Designing Concept Tutoring Systems*. Doctor's thesis, School of Cognitive and Computing Sciences - Univ. of Sussex. 1993.
- [Les84] Lesgold, A.M.. *Acquiring expertise*. Em Anderson, J.R. & Kosslyn, S.M. (Eds.), *Tutorials in Learning and Memory: Essays in Honor of Gordon Bower*. W.H. Freeman. 1984.
- [LRFG89] Lesgold, A.M.; Rubinson, H.; Feltovich, P.; Glaser, R.; Klopfer, D.; Wang, Y. *Expertise in a Complex Skill: Diagnosing X-Ray Pictures*. Em M. Chi, R. Glaser & M. Farr (Eds.), *The Nature of Expertise*, L. Earlbaum. 1989.
- [MR91] Major, N. e Reichgelt, H.. Using COCA to build an intelligent tutoring system in simple algebra. In *Intelligent Tutoring Media*, no. 3/4, vol. 2, pp 159-169. 1991.
- [MW92] Murray, T. e Woolf, B.. *Results of Encoding Knowledge with Tutor Construction Tools*. In *Proceedings of the Tenth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-92)*, pp. 17-23. 1992
- [OV96] Oliveira, F. M. e Vicari, R. M.. *Are Learning Systems Distributed or Social Systems*. European Conference on A. I. in Education, Lisbon. 1996. Accepted Paper.
- [SB88] Sharples, M. & du Boulay, B.. *Knowledge representation, teaching strategy and simplifying assumptions for a concept tutoring system*. Em *Proceedings of European Conference on Artificial Intelligence*, pp 268-270. 1988.
- [SB95] Del Soldato, T. and Du Boulay, B.. Implementation of Motivational Tactics in Tutoring Systems. *Journal of Artificial Intelligence in Education*. 6 (4). pp 337-378. 1995.
- [SBB84] O'Shea, T., Bornat, R., Du Boulay, B., Eisenstadt, M. e Page, I.. *Tools for creating intelligent computer tutors*. In Elithorn, A. e Barneji, R. (Eds.). *Human and Artificial Intelligence*. North-Holland, London. 1984.
- [Sha89] Sharples, M.. *The Radiology Tutor: Computer-based teaching of visual categorisation*. Em Bierman, D., Breuker, J. & Sandberg, J. (Eds.), *Artificial Intelligence and Education: Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference on AI and Education*. IOS Press. 1989.
- [SPP88] Seidel, J. R.; Park, O. e Perez, R. S.. *Expertise of ICAI: Development Requirements*. *Computers in Human Behavior*. Vol 4, pp. 235-256, 1988.