



Ambiente computacional para ensino de radiologia e diagnóstico por imagem: uma proposta para arquivo didático

Computational environment for teaching radiology and diagnostic imaging: a proposal of file textbook

Marília Guimarães Pinheiro¹
Hugo Leonardo Canalli²
Luis Ricardo de Figueiredo¹
Jorge Elias Junior¹

Descritores: Ensino Assistido por Computador; Educação Médica; Sistemas de Informação em Radiologia; Desenvolvimento de Sistemas Computacionais

Descriptors: Computer-Assisted Instruction; Medical Education; Radiology Information Systems; Computer Systems Development

RESUMO

Objetivo: Criação de um sistema computacional para armazenamento de imagens médicas. A solução considera um único banco de dados voltado tanto às necessidades de composição de material instrucional para formação de estudantes e médicos, quanto à criação de uma base para pesquisa na área; o sistema será incorporado ao ambiente de ensino em radiologia e diagnóstico por imagem da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP. **Métodos:** Foram revisadas as principais experiências de estruturação de arquivo didático em radiologia; para construção do banco de dados adotou-se o Modelo Relacional com infra-estrutura de software livre. **Resultados:** A solução incorpora o léxico em radiologia RadLex, proposto pela Radiological Society of North America para uniformizar a indexação das imagens médicas, com adaptações para atender ao escopo desta proposta. **Conclusões:** O sistema de banco de dados criado deverá compor a base de um ambiente para ensino de radiologia, suas principais características são: 1) armazenamento de imagens chaves de cada caso, 2) indexação para arquivo externo com o exame completo, 3) incorpora indexação internacional independentemente do tipo de imagem, região anatômica ou patologia, 4) contém interface amigável para armazenamento e recuperação de imagens e 5) atende às necessidades de pesquisa na área.

ABSTRACT

Objective: To model, develop and implement a computer database system for medical images. The proposed system has a single database to meet the needs of composition of instructional materials for training of students and physicians and for research. The system will be incorporated into the learning environment of Diagnostic Imaging and Radiology at University of São Paulo Medical School in Ribeirão Preto, southeastern Brazil. **Methods:** We reviewed the main experiences in developing education systems of radiology. A relational model and free software were used to build the database. **Results:** The proposed solution incorporated the RadLex lexicon in radiology of the Radiological Society of North America for uniform indexing of medical images. Adjustments were made to meet the scope of this study. **Conclusions:** The proposed database will be the core of a computational environment for education in radiology. Its main features include: 1) storage of key images of each case; 2) indexing for external file with complete exam; 3) incorporates international indexing regardless of the type of image, anatomic site or pathology; 4) provides a user-friendly interface for storage and retrieval of images; and 5) meets the needs of research.

Autor Correspondente:
Marília Guimarães Pinheiro
e-mail: mariliapinho@usp.br

¹ Departamento de Clínica Médica, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo - USP, Ribeirão Preto (SP), Brasil.

² Ciência da Computação, Faculdades COC Ribeirão Preto, Ribeirão Preto (SP), Brasil.

Artigo recebido: 19/09/2008
Aprovado: 30/06/2009

INTRODUÇÃO

O ensino de radiologia e diagnóstico por imagem tem por base a análise de casos reais. O instrutor apresenta ao estudante: (a) a relação entre a anatomia e suas representações correspondentes na imagem, (b) o conhecimento dos elementos semiológicos associados a ela e (c) a rotina para conclusão do laudo. Os instrutores normalmente colecionam imagens de casos interessantes para compor material didático. Tradicionalmente este material encontra-se armazenado em arquivos de filmes ou em mídia digital, com limitações inerentes para recuperação e uso⁽¹⁾.

A Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP) mantém arquivo histórico contando com mais de 10 mil exames em filme totalmente digitalizados. A adoção de um arquivo didático permitiria a organização e ampliação deste acervo para fins didáticos e de pesquisa. A FMRP vem trabalhando em um ambiente de ensino para radiologia e diagnóstico por imagem. Este ambiente híbrido, cujo diagrama é mostrado na Figura 1, tem por base a integração de sistemas diversos⁽²⁾, com foco principal no treinamento dos médicos residentes. As bases para sua composição são: sistemas tutores, base didática de imagens, bases de conhecimento e estrutura de ensino a distância EAD. Este modelo é bastante abrangente e envolve várias pesquisas em andamento na instituição, resumidas a seguir para contextualização deste estudo.

A Figura 1 apresenta os sistemas tutores⁽³⁾ para treinamento em diagnóstico por imagem. Eles são específicos para cada região anatômica e patologia. O primeiro pilar de apoio para os sistemas tutores é a base didática de imagens médicas composta por exames considerados representativos, a maior parte deles com diagnóstico confirmado. Os exames provêm do Sistema de Informação Hospitalar ou do arquivo pessoal do médico radiologista. A interação entre o

sistema tutor e a base didática pode ou não exigir a participação de Content-Based Image Retrieval CBIR⁽⁴⁾. Os sistemas CBIR promovem a recuperação de imagens pela similaridade de seus conteúdos visuais, e não propriamente por alguma forma de indexação externa à imagem.

O segundo pilar de sustentação dos sistemas tutores são as estruturas semânticas provenientes de laudos confirmados ou pareceres provenientes de reuniões clínicas, as quais alimentam uma base de conhecimento. O conhecimento consiste no registro da relação imagem versus diagnóstico. Esta base de conhecimento sustentará a condução do sistema tutor. Ela também poderá manter o registro dos desvios cometidos pelos alunos em relação às rotas adequadas que levariam ao diagnóstico correto. Esta possibilidade de realimentação, e a identificação dos fatores que provocaram tais desvios, refinam a seleção das características da imagem que são identificadoras da patologia em relação àquelas que provocam confusão e falta de precisão no resultado. Além de ser recurso para treinamento e avaliação dos estudantes, este é um importante subsídio para definição de elementos à pesquisa de sistemas de apoio ao diagnóstico.

A interface padrão do ambiente de ensino deve ser o mais simples e operacional possível. Para esse fim optou-se pelo uso de um ambiente EAD. Esta escolha se deve à familiaridade que os envolvidos (alunos e instrutores) possuem com este tipo de ambiente e à infra-estrutura que ele oferece para o sistema proposto.

Este trabalho estuda uma solução adequada para a implementação de um dos pilares do ambiente de ensino da Figura 1: a base de dados didática. A literatura dispõe de diversas propostas para esse fim, entretanto, um desafio a ser vencido é a criação de um sistema que abranja todas as possíveis imagens médicas, nas suas diferentes formas de geração (Raio X, ressonância magnética RM, tomografia computadorizada TC, ultra-

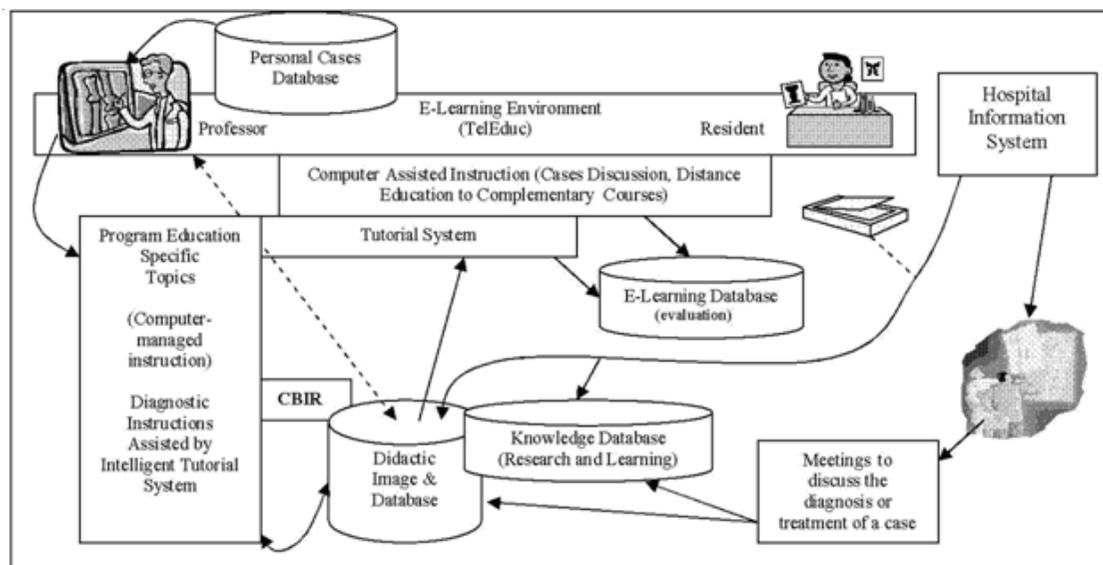


Figura 1 - Esquema geral do ambiente computacional para o ensino de radiologia e diagnóstico por imagens projetado para o hospital escola ⁽²⁵⁾

som US), das várias regiões anatômicas e com representação das possíveis patologias. Outros desafios são a operacionalidade para o armazenamento de imagens; a escolha adequada dos itens de indexação e a facilidade para realizá-la – o que é fundamental para flexibilidade e abrangência de uso. Por exemplo, muitas vezes o especialista quer recuperar um caso com os dados de todos os exames realizados e conjunto de imagens associado a ele para produção de material instrucional; outras vezes, desejaria recuperar imagens RM significativas para discussão de lesão focal de fígado de diversos casos, ou especificamente exemplos de imagens de colangiocarcinomas.

Aliada à dificuldade para o armazenamento das imagens médicas, há a complexidade da solução computacional. O armazenamento e principalmente a recuperação de objetos complexos é tema de intensas discussões acadêmicas e, apenas recentemente, começam a surgir soluções satisfatórias. Neste trabalho, o foco é a criação de um sistema flexível à significativa evolução do estado da arte para armazenamento das imagens médicas. Procura-se criar um ambiente o mais abrangente possível em termos de indexação das imagens. Esta preocupação se justifica diante: do volume de dados, em todas as especialidades, produzido no hospital escola⁽⁵⁻⁶⁾; da infra-estrutura básica para os sistemas de recuperação de imagens com base em conteúdo⁽⁴⁾; e das necessidades de recuperação por diversas indexações comentadas no parágrafo anterior, tanto para fins didáticos quanto para material de pesquisa.

ALGUMAS SOLUÇÕES PARA ARQUIVOS DIDÁTICOS EM RADIOLOGIA

Estão descritas na literatura alguns sistemas voltados à criação de arquivos didáticos em radiologia com propósitos pontuais⁽⁷⁻⁹⁾, para preservação de acervo⁽¹⁰⁾, ou de maior abrangência⁽¹¹⁾. Embora a implementação de banco de dados didáticos em radiologia exija esforço significativo em termos de desenvolvimentos de sistemas computacionais, existem algumas soluções disponíveis na Internet de uso livre e que podem ser utilizadas com relativa facilidade para criação de uma biblioteca de imagens^(1,12).

Já é antiga a inspiração para o compartilhamento de casos como importante recurso para ensino e treinamento⁽¹³⁾. Um projeto ambicioso e abrangente é o desenvolvido pela Radiological Society of North America (RSNA), o Medical Imaging Resource Center (MIRC)⁽¹⁴⁾.

Iniciado pela construção de uma biblioteca de imagens médicas, acessível globalmente através da Internet, tem suporte cooperativo de bibliotecas geridas individualmente por diversas instituições de saúde, cujo conteúdo pode ser acessado como uma única biblioteca por usuários cadastrados. Isto é possível porque cada um dos repositórios de arquivos

independentes é indexado pelo MIRC.

Mantém arquivos didáticos, documentos técnicos e clínicos, apresentações eletrônicas, e base de dados para pesquisa e avaliação clínica. Também é possível restringir o acesso a uma biblioteca em particular, ou se desejado, a um único documento.

Cada sítio MIRC funciona tanto como um serviço de consulta quanto um serviço de armazenamento. Quando uma consulta é feita, o serviço distribui o critério de busca para todas as bibliotecas selecionadas e as respostas são apresentadas em conjunto; um mesmo mecanismo de busca Extensible Markup Language (XML) está disponível em cada biblioteca participante. Desenvolvida em software livre, tem sido adotada como base para diversos projetos específicos.

Um desses projetos é o MyPacs.net⁽¹⁵⁾. Trata-se de um software livre de arquivos didáticos baseado em Web que congrega uma comunidade de especialistas e estudantes. Da Mckesson Information Solution, é uma solução complementar à Horizon Medical Imaging e disponibiliza recursos para organização e compartilhamento de imagens, arquivos didáticos e casos de referência para discussão, treinamento e prática na área. O acesso pode ser restrito (arquivo particular de uma instituição ou especialista) ou aberto a qualquer usuário cadastrado. Através dele é possível cadastrar, compartilhar e recuperar casos e imagens médicas. As imagens podem ser carregadas em mais de 60 formatos em repositórios de pesquisa através de template, e recuperadas como Joint Photographic Experts Group (JPEG) ou em seu formato original (inclusive fotos, vídeos e apresentações eletrônicas). Suas principais funções são: gerenciamento de arquivos didáticos, reuniões clínicas e conferências, suporte para definição de diagnóstico e compartilhamento de casos com colegas. A ferramenta, com administração remota, foi desenvolvida nas linguagens HTML, Java e Flash, usando navegador de Internet para operação.

Suporta indexação RSNA MIRC, com importação e exportação de casos e um visualizador para avaliar casos. O MyPACS é o núcleo formal de um plataforma de apoio à avaliações de alcance internacional em um projeto onde médicos, de países em desenvolvimento, são convidados a fazer upload (carregamento) de casos em pediatria para busca de peritos para apoio ao diagnóstico. Após a carga do caso, um e-mail de alerta é enviado para uma lista de especialistas voluntários Society for Pediatric Radiology (SPR) para pareceres. Este sistema possui versão livre para uso no acesso e compartilhamento de casos e para criação de uma biblioteca particular protegida, mas a solução empresarial completa integrada a PACS envolve custo para implantação no hospital escola⁽¹⁶⁾.

Outra opção é o MedPix⁽¹⁷⁾. Trata-se de um banco de dados de imagens de acesso livre através da Internet. Foi desenvolvido pela Uniformed Services University of Health Sciences, Bethesda, EUA, com cerca de 44 mil imagens de 10 mil casos submetidos e revisados

por pares de radiologistas pertencentes ao comitê editorial (para compor o acervo e divulgação, os casos precisam ser avaliados e aceitos). O radiologista que submeteu o caso mantém o direito sobre as imagens. Seu principal objetivo é o compartilhamento de casos pela comunidade.

LÉXICO EM RADIOLOGIA

Para a criação de um sistema de imagens médicas é preciso indexar a imagem a um termo a ela relacionado; por exemplo, relacionar as imagens por regiões anatômicas. Uma terminologia padrão para a área de radiologia se motiva frente à necessidade de comunicação usando um vocabulário comum, com redução de erros⁽¹⁸⁾. A criação de um léxico uniforme, adequado e completo é a proposta do RadLex da sociedade norte-americana de radiologia RSNA. Seu escopo é acrescentar termos do âmbito digital ao antigo Índice ACR (American College of Radiology's Index for Radiological Diagnoses) – originalmente criado para categorizar e organizar casos com base em imagens coletadas por radiologistas⁽¹⁹⁾. O material “eletrônico” exige novas indexações, adequadas ao uso de sistemas computacionais.

O objetivo primário do RadLex é a criação de uma terminologia que possa ser usada para registro, índices e recuperação dos conteúdos do MIRC. O RadLex incorpora o subconjunto de termos do SNOMED-CT (Systematized Nomenclature of Medicine-Clinical Terms) e conta com a cooperação da DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) e da Integrating the Healthcare Enterprise (IHE)⁽²⁰⁾. A versão atual do classificador RadLex foi reproduzida na Figura 2 – página principal do sítio do projeto. Numerosos grupos de radiologistas, divididos por especialidade, deliberaram os conjuntos de termos que

compõem o léxico.

Sua estrutura está organizada em uma hierarquia de categorias e subcategorias. Atualmente são 12 categorias: treatment, imaging procedure attribute, substance, procedure step, imaging observation characteristic, modifier, foreign body, imaging observation, anatomic entity, teaching attribute, relationship, imaging service request e image quality. Algumas categorias são descritas a seguir. Região Anatômica (anatomic entity) especifica a parte do corpo ou outra região anatômica, organizadas hierarquicamente e estendida em subcategorias. Exemplos de termos descritos por essa categoria são: pulmão esquerdo, medula espinhal e pelve.

Características Visuais (imaging observation characteristic) descrevem características que não possuem referência para partes físicas específicas, estruturas anatômicas e processos, ou estruturas de patologia. Exemplos são: forma, tamanho e densidade, e outros padrões que não têm correlação direta com o paciente (como opacidade e baixa atenuação). Esta categoria também agrega características morfológicas que são termos que descrevem processos morfológicos, mas não se relacionam diretamente a uma estrutura física específica ou a um diagnóstico.

A categoria Observações da Imagem (imaging observation) são patologias ou condições de doença que podem ser observadas nas imagens, mas sem referência para um diagnóstico provado.

Esse diagnóstico pode ser determinado por uma série de testes ou exames. Exemplos de termos definidos por essa categoria são: falha de congestão no coração, fratura e inflamações. As causas provadas são diagnósticos histopatológicos que alcançam o grau de especificação esperado através de uma série de testes ou outros exames.

O léxico não aborda termos conclusivos de



Figura 2 -Visão geral das categorias e subcategorias pelo RadLex para a apresentação dos termos de imagens médicas (<http://radlex.org.viewer>)

diagnósticos, mas os termos descritivos das imagens e de sua produção. O léxico está disponível em formato tabular que pode ser carregado em planilha eletrônica; em OWL (Ontology Web Language) e como banco de dados.

O projeto pretende ser dinâmico de modo a incorporar continuamente novos conceitos e manter o RadLex atualizado.

ARMAZENAMENTO DE OBJETOS COMPLEXOS

Muitas aplicações médicas hoje exigem uso de informações em imagens, voz e vídeo; que são considerados objetos complexos na Ciência da Computação. A implementação de um sistema de arquivo didático exige, portanto, o estudo do armazenamento e recuperação de objetos complexos. Os objetos complexos podem ser do tipo estruturado ou não estruturado. Um objeto complexo estruturado é composto de outros objetos, os quais são chamados de componentes. Há dois tipos de semânticas de referência entre um objeto complexo e seus componentes em cada nível. O primeiro tipo, chamado de semântica de propriedade, ocorre quando sub objetos de um objeto complexo são encapsulados dentro do objeto complexo, sendo considerados partes dele. O segundo tipo é chamado semântica de referência, ocorre quando os componentes do objeto complexo são, por si, objetos independentes, mas podem ser referenciados a partir do objeto complexo⁽²¹⁾. Geralmente esses objetos são manipulados por Sistemas Orientados a Objetos, cujos recursos permitem assumir estados e comportamentos dos objetos, além de ser possível o uso de conceitos que auxiliam o tratamento da complexidade como a herança e o polimorfismo.

Um objeto complexo não estruturado é um tipo de objeto que requer um grande volume de armazenamento; são os textos, imagens, vídeos ou som. Os Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD) relacionais, muito utilizados nos sistemas computacionais no mercado, podem fornecer o tipo de dado Binary Large Object (BLOB) para o armazenamento desses objetos em bytes. Neste caso, os objetos complexos devem ser recuperados através de uma linguagem de consulta e manipulados por uma aplicação externa. São quatro os tipos mais comuns para a recuperação de objetos complexos: 1)recuperação através de um identificador, 2)recuperação por sentenças condicionais, 3)recuperação por similaridade e 4)recuperação semântica⁽²¹⁾. A primeira forma consiste em associar para cada objeto um identificador; a aplicação, e não essencialmente o SGBD, seria responsável por entender a qual imagem pertence esse identificador. A segunda forma consiste em utilizar um conjunto de atributos extraídos manualmente do objeto e, ao efetuar a consulta, é usada alguma forma

condicional que podem ser operações de igualdade ou junções entre tabelas. Uma aplicação capaz de reconhecer esses objetos seria responsável por fazer a associação adequada para que a recuperação se concretize.

O terceiro método recupera objetos similares: o usuário fornece um objeto como parâmetro de entrada e serão recuperados todos os objetos que satisfaçam certa medida de similaridade. No caso de imagens, há uma imagem consulta e serão recuperadas todas as imagens consideradas semelhantes dentro do padrão de similaridade adotado. Assim, para que as imagens sejam recuperadas é necessária a extração de características, que são “medidas” extraídas através de algoritmos para seu processamento. Neste método baseiam-se os sistemas de recuperação com base em conteúdo CBIR⁽²²⁾. O quarto método, por recuperação semântica, provê a recuperação dos objetos através de conceitos e não mais por consulta através de vários operadores lógicos. Isso confere maior poder

de abstração e mecanismos para especificação de consultas mais amplos⁽²³⁾. Além da recuperação, os objetos complexos necessitam ser armazenados. Em SGBD relacionais convencionais podem ser usadas: 1) as técnicas de referências externas (um descritor que indica em que local está armazenado o arquivo), 2) o armazenamento através de campos BLOB e o uso de funções externas, que são extensões dos SGBD relacionais. Dos sistemas analisados na seção anterior, diante da documentação disponível, todos utilizam SGBD relacionais de código aberto e uso livre. As principais razões para a escolha de SGBD Open Source é custo baixo e qualidade alcançada. Existem vários SGBD Open Source, os mais utilizados são o PostgreSQL (<http://www.postgresql.org>) e MySQL (<http://www.mysql.com>) que podem rodar em ambientes MS Windows ou derivados do Unix, como o Linux. Ambos possibilitam armazenamento de objetos complexos não estruturados do tipo BLOB.

O MySQL é otimizado para trabalhar em ambiente Web, com alta compatibilidade com a linguagem PHP, adequada alocação de memória, suporte à replicação e transações, suporte para acesso de vários usuários a uma única tabela simultaneamente, e armazenamento de base de dados que podem chegar a vários Tera Bytes (TB).

Além do tipo BLOB, o MySQL fornece variações como os tipos TinyBlob, MediumBlob e LongBlob. O PostgreSQL é um sistema gerenciador de banco de dados objeto relacional, originário da Universidade de Berkley, Califórnia em 1986. O PostgreSQL administra bases de dados limitadas ao tamanho em disco e à memória do equipamento, tabelas com tamanho de até 32 TB, quantidades de linhas de até 1.6 TB ilimitada, campos de até 1 GB (segundo o desenvolvedor).

Os SGBD Open Source são utilizados em várias aplicações na área médica. O desenvolvimento de sistemas Open Source na medicina acelera a adoção de imagens digitais e beneficiam a comunicação entre

os diferentes centros médicos⁽²⁴⁾.

SISTEMA DE ARQUIVO DIDÁTICO FMRP

A produção de imagens no hospital escola é intensa. Em 2006, foram realizados 107438 exames de RX, 5768 de Ressonância Magnética, 17757 Tomografias e 23390 Ultra-sonografias; num total de 154353 exames com imagens médicas. Embora com este volume de atendimento, o Centro de Ciências das Imagens e Física Médica conta com apenas 28 residentes e 6 professores na área⁽⁵⁻⁶⁾.

O treinamento dos residentes em serviço, por sua natureza, é de difícil planejamento e cronograma de

atividades. O volume de atendimentos médicos é grande e, geralmente, há sobrecarga de trabalho. Embora esta condição possa ser vista como vantajosa diante da possibilidade do número de exames realizados, pois amplia o número de casos de estudo, a disponibilidade de acesso aos exames para estudo e revisão exige cuidadosa organização, o que nem sempre possível.

O ambiente computacional, cuja base é o arquivo didático, visa ampliar as possibilidades de apoio ao ensino e treinamento. A estrutura computacional interna é adequada. Além da constante produção de material para estudo, a FMRP mantém arquivo histórico totalmente digitalizado. A adoção de um sistema de arquivo didático permitiria a organização e ampliação

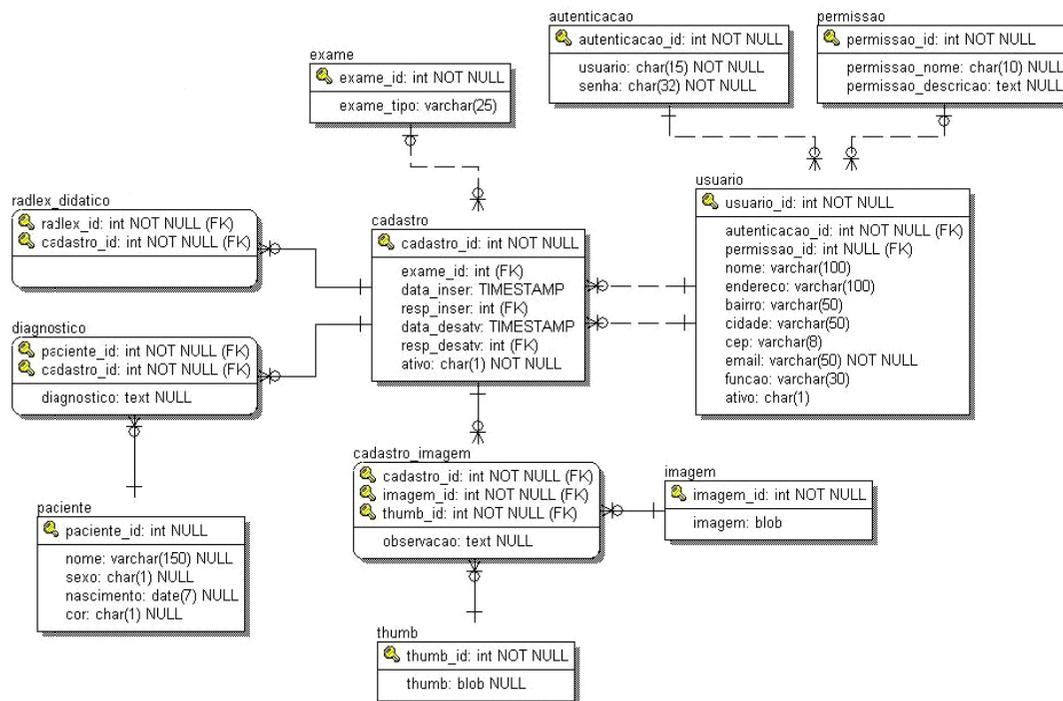


Figura 3 - Diagrama relacional do arquivo didático proposto

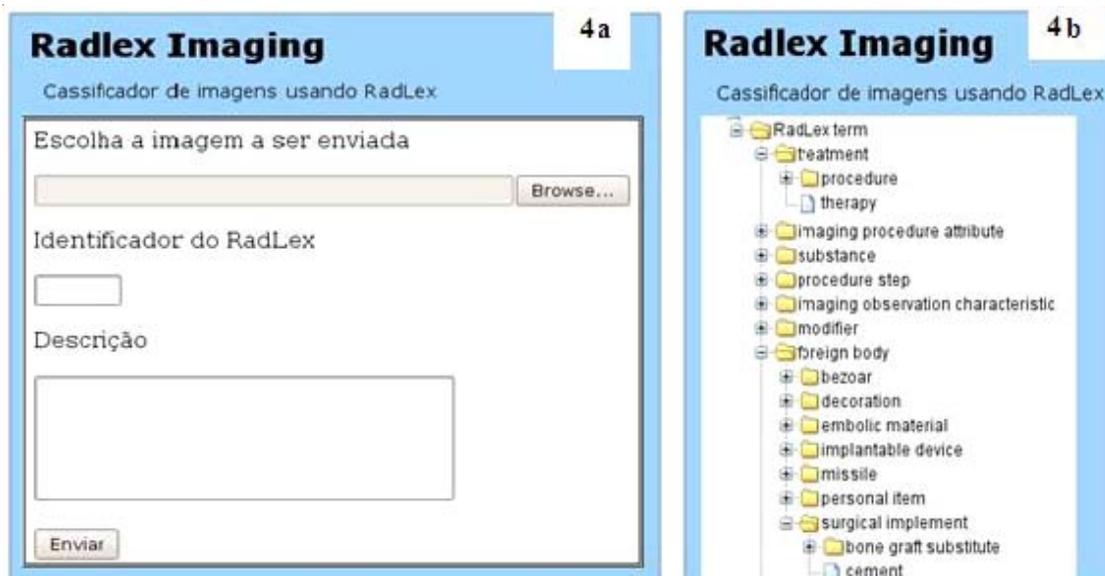


Figura 4 – Interfaces do sistema piloto: para armazenamento de imagens chaves de um exame/caso (a) e para classificação da imagem nos termos RadLex (b)

deste acervo com evidente fortalecimento de apoio ao ensino pesquisa.

O sistema de arquivo didático proposto é simples e objetivo em termos de interface, mas a estrutura do banco de dados dá apoio sólido ao ambiente projetado. O diagrama do banco de dados é apresentado na Figura 3.

Os estudos levantados mostraram que o uso dos termos do RadLex são fundamentais para manutenção de terminologia atualizada diante dos constantes avanços tecnológicos na área. Esta estratégia pretende minimizar a obsolescência do banco didático, mas esbarra em dois importantes aspectos complicadores: 1) os termos estão em língua inglesa; 2) os termos do RadLex são constantemente atualizados, nos últimos meses foram observadas diversas alterações

significativas na árvore de termos disponível no sítio do projeto.

Quanto ao primeiro aspecto, o tempo necessário à tradução além de se contrapor ao dinamismo pretendido, é praticamente inviável sem um órgão centralizador no Brasil: a adoção de um termo apropriado em português exigiria consenso entre especialistas. Em relação ao segundo aspecto, o sistema deverá contar com ferramenta para importação de termos para facilidade de atualização da árvore.

Optou-se pela manutenção da terminologia em inglês. A Figura 4a apresenta a interface piloto para carregamento de exames e a Figura 4b o classificador Radlex incorporado ao sistema.

Após o carregamento das imagens significativas de

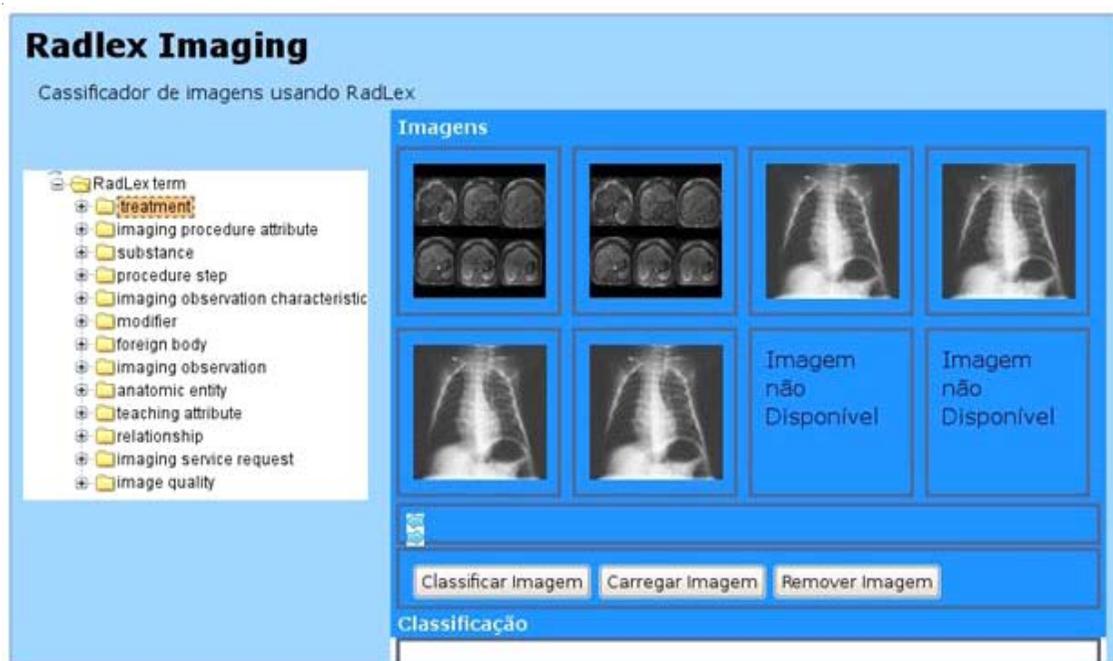


Figura 5 – Interface para recuperação de imagens: termos RadLex são selecionados na árvores e as miniaturas das imagens armazenadas são apresentadas

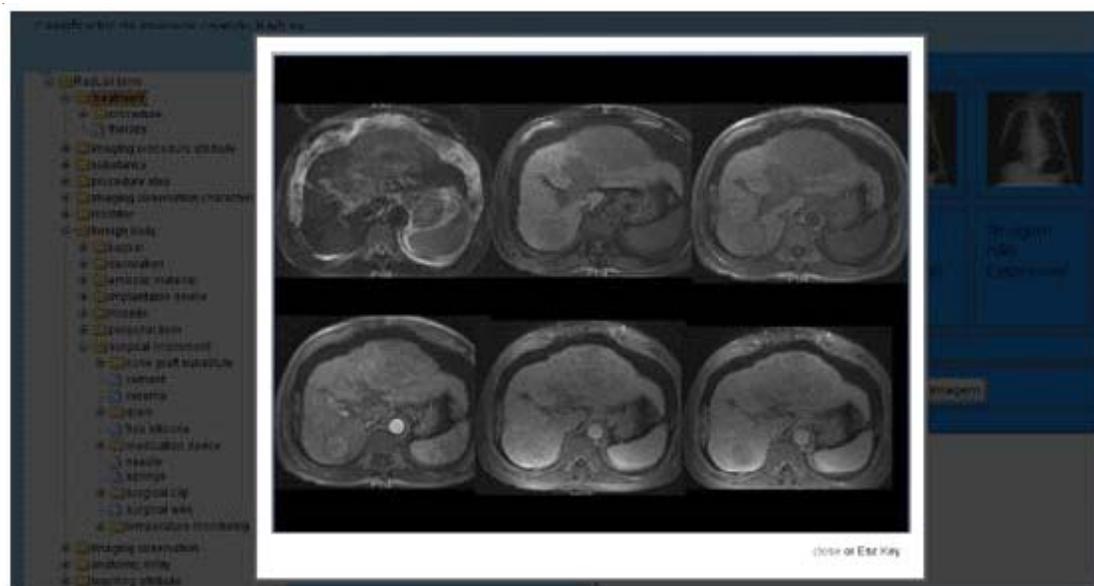


Figura 6 - Interface para recuperação de imagens: ampliação da imagem selecionada entre as miniaturas

um dado exame/caso que se deseja armazenar no arquivo didático, o especialista processa a classificação de cada imagem. Observe que uma única imagem chave poderá receber diversas chaves RadLex (selecionadas por cliques na árvore de termos). Será possível registrar uma descrição/tradução de cada termo classificatório (embora este campo não seja indexado), assim como identificadores tanto para o caso clínico quanto para o arquivo externo (CD, filme) do exame completo.

A forma de indexação do objeto consiste em utilizar um conjunto de atributos extraídos pelo especialista e, para recuperação na consulta, são usadas formas condicionais de igualdades dos termos classificatórios. A interface piloto para recuperação de imagens mostrada na Figura 5 segue o mesmo padrão do carregamento, a seleção por cliques nos termos desejados. As imagens que contiverem os identificadores do termo Radlex selecionados serão apresentadas em miniaturas para visualização rápida. Caso o número de miniaturas ultrapasse seis, o usuário poderá usar os botões próximo/anterior para navegar entre as elas. Estas miniaturas são recuperadas através de consultas diretamente no SGBD. Como são imagens de tamanho reduzido, esse processo aumenta a rapidez da recuperação em relação às imagens reais. Um clique em uma miniatura amplia a imagem em um popup para visualização mais apurada, conforme Figura 6.

Tabela 1 - Relação das quantidades e tamanhos das imagens testes do Arquivo Didático.

Quantidade de imagens	Tamanho da imagem	Tamanho da imagens em GB
5 mil	5 MB	24.4140625
7 mil	3 MB	20.5078125
15 mil	1 MB	14.6484375
30 mil	500 MB	14.30511474609
20 mil	100 MB	1.90734863281
Total		73 GB

O sistema gerenciador de banco de dados escolhido para o sistema piloto foi o MySQL. O desenvolvimento foi baseado em Web e para apresentação dinâmica da árvore do RadLex foi utilizado Asynchronous Javascript And XML(AJAX), visando rodar na Intranet do hospital escola. Na tabela de imagens criada no SGBD MySQL foi empregado o tipo de dado MediumBlob que possui capacidade armazenamento de até 16 MB, suficiente para os testes realizados com imagens didáticas com tamanhos entre 100 KB a 5 MB, provenientes do banco de dados pessoal do especialista. Foram inseridas 80 mil imagens em formato JPEG. As A Tabela 1 apresenta a relação das quantidades de imagens e respectivos tamanhos da base de testes.

A tabela das imagens é indexada através dos identificadores RadLex. Além disso, cada imagem possui um identificador único, ou seja, é possível a existência de várias imagens com um mesmo

identificador RadLex e cada imagem pode armazenar vários dos 11.962 códigos RadLex.

Uma imagem de 5 MB teve o tempo de recuperação de aproximadamente 5 segundos. Uma imagem de 500 KB foi armazenada e recuperada em 1 segundo. Quanto às miniaturas, a recuperação ocorre de forma muito rápida devido ao tamanho. A aplicação desenvolvida possui uma tabela de imagens em forma de miniaturas com tamanho menor que 20 KB. Cada uma dessas imagens possui o identificador da imagem em formato ampliado. Isso possibilita a recuperação de várias imagens em miniaturas. A aplicação recupera no máximo 6 dessas imagens por vez, o que pelos testes efetuados com as imagens ampliadas obteve-se a média de 1 s.

DISCUSSÃO

O sistema proposto cria uma base de imagens chaves de cada caso/exame cujo conteúdo tenha características consideradas interessantes para: 1) criação de material instrucional para ensino e treinamento de diagnóstico por imagem; 2) acervo para pesquisa científica.

No primeiro caso, o sistema provê apenas suporte básico à criação de um conteúdo para ensino. Indexa acervo histórico digitalizado e organiza sua ampliação. Mas, diferentemente do MyPACS e do MedPix, que têm base no MIRC, não propõe recursos para registro dos detalhes do caso (a Figura 6 apresenta exemplo extraído de biblioteca MIRC, a Figura 7 um exemplo do MyPACS.net). Estes sistemas estão centrados no caso, ou melhor, no diagnóstico e na busca de uma coleção de casos que o exemplifiquem, e não especificamente na criação de coleção de imagens.

Esta abordagem traz vantagens quando o foco é apenas o ensino. Entretanto, dificulta a abordagem para pesquisa e criação de sistemas periféricos de apoio ao diagnóstico e recuperação de imagens por conteúdo CBIR, que possam usufruir da base de imagens. A alternativa para consulta de imagens nesses sistemas se reduz praticamente à busca genérica por palavra chave.

O sistema proposto tem como foco principal as imagens e a versatilidade para sua recuperação. A indexação pelos termos RadLex propicia recuperar conjuntos de imagens segundo a mais ampla terminologia da área. Os testes com o SGBD MySQL foram realizados a partir de réplicas de imagens reais cujo volume chegaram a cerca de 70 GB, com imagens de até 5 MB. Numa consulta genérica, o tempo de resposta foi bastante satisfatório. A estratégia de se armazenar miniaturas das imagens para pré-análise mostrou-se uma boa opção, agilizando o sistema. O tempo de recuperação destas 80 mil imagens em tipo BLOB foi semelhante ao de um tipo caracter de tamanho variável ou de um inteiro, tipos bastante comuns em base de dados comerciais.



Figura 7 - Caso exemplo extraído do Medical Imaging Resource Center MIRC⁽¹³⁾

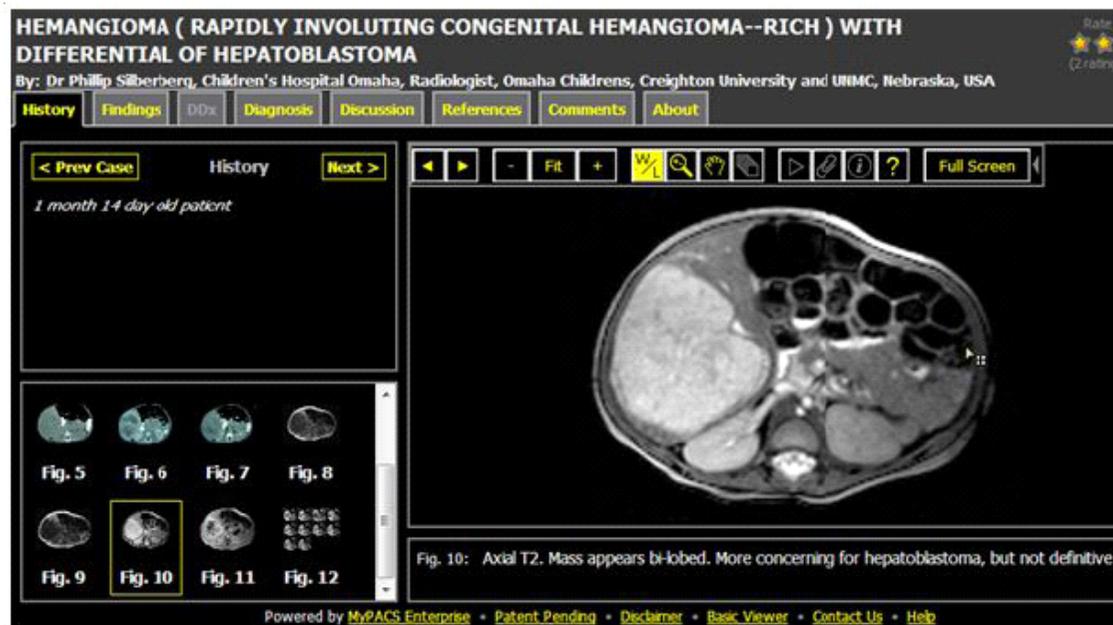


Figura 8 - Caso exemplo extraído do MyPACS.net⁽¹⁴⁾

CONCLUSÃO

O sistema desenvolvido dispõe de interface objetiva para cadastro de imagens em um banco de dados voltado ao ensino e à pesquisa. Avaliada por um especialista, embora de fácil operação, o sistema exige conhecimento especializado para o armazenamento da forma mais completa possível das imagens e, ainda, obrigará a familiarização dos termos radiológicos em língua inglesa.

Como contraponto a estas dificuldades, uma vez criado, o arquivo de imagens poderá ser consultado através da mais completa coleção de índices radiológicos, os quais compõem um projeto em contínua atualização para uniformização dos termos da área, o RadLex. Além disso, facilitará

significativamente a recuperação de imagens para testes de algoritmos de recuperação de imagens com base em conteúdo e outros procedimentos para extração de conhecimento em base de dados.

Quando alimentado pelas imagens do hospital escola, o arquivo didático será um sistema abrangente, permanentemente atualizado em relação aos termos em radiologia compondo uma base de dados genérica com estrutura para atender a qualquer busca através de indexação internacional, além de compor infraestrutura para sistemas de ensino e de pesquisa na área.

As principais características propostas para o banco de dados didático foi atendida nesta proposta. Lembrando, estas características eram: 1)armazenar as imagens chaves de cada caso, 2)criar indexação para arquivo externo do exame completo, 3)incorporar

indexação internacional independentemente do tipo de imagem, região anatômica ou patologia, 4)conter interface amigável para armazenamento e recuperação de imagens e 5)atender às necessidades de pesquisa na área. A automatização do item 4 permanece um desafio, não em função dos recursos computacionais utilizados, mas devido à complexidade do tema.

Para automatização do armazenamento de imagens (escolha dos termos Radlex para cada uma) seria necessário extrair-se das imagens algumas características de seu conteúdo; ora, este é um dos principais temas das pesquisas na área da aplicação de tecnologia da informação na medicina, os resultados apenas começam a aparecer.

Restam ajustes ao sistema piloto como melhorias nas telas e complementação de dados. São necessários

também testes mais amplos de uso com especialistas na área. Um recurso a ser desenvolvido é uma ferramenta para atualização da árvore RadLex com conseqüente revisão e atualizações dos radicais associados a cada imagem do banco de dados.

Na forma como foi concebido, o sistema cumpre o papel de alicerce para o ambiente de ensino em radiologia e diagnóstico por imagem, tanto para concepção de sistemas tutores de apoio ao ensino de temas específicos quanto ao suporte aos sistemas de recuperação de imagem com base em conteúdo. O emprego de sistemas gerenciadores de banco de dados de código aberto e uso livre é uma opção satisfatória em relação aos recursos oferecidos para o desenvolvimento do sistema e em relação aos testes de desempenho realizados.

REFERÊNCIAS

- Scarsbrook AF, Foley PT, Perriss RW, Graham RNJ. Radiological digital teaching file development: an overview. *Clin Radiol*. 2005 Aug; 60(8):831-7.
- Masson A, MacNeill A, Murphy C, Ross V. The hybrid learning model - A framework for teaching and learning practice. *iJET*. 2008;3(Special Issue):12-7.
- Rezende SO. Sistemas inteligentes. Fundamentos e aplicações. São Paulo: Manole; 2003.
- Müller H. A review of content-based image retrieval systems in medical applications clinical benefits and future directions. *Int J Med Inform*. 2004;73(1):1-23.
- Fundação de Suporte a Educação, Pesquisa e Assistência do Hospital das Clínicas da FMRPUSP. Relatório de atividades 2005. Ribeirão Preto; 2005. [citado 2008 jul 10]. Disponível em: <http://www.faepa.br/>
- Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto. Relatório de Atividades de 2006. Ribeirão Preto; 2006. [citado 2008 jul 10]. Disponível em: <http://www.hcrp.fmrp.usp.br/gxpfiles/arqs/pdf/RelatórioAtividades2006.pdf>
- Pazdernik TL, Walaszek EJ. A computerassisted teaching system in pharmacology for health professionals. *J Med Educ*. 1983 April;58(4):341-8.
- Kelmer S, Coelho-Oliveira A, Fonseca LMB. Educação à distância mediada pela internet: Linfonodo sentinela, prevenção, diagnóstico precoce e biópsia - nova técnica de abordagem do câncer de mama. *Radiol Bras* 2007 Ago;40(4):251-4.
- Pires SR, Medeiros RB, Schiabel H. Banco de imagens mamográficas para treinamento na interpretação de imagens digitais. *Radiol Bras* 2004;37(4):239-44.
- Geraldeli FE, Carvalho ACP, Koch HA, Azevedo ACP. Produção de material instrucional para o ensino da radiologia por meio da digitalização de imagens. *Radiol Bras* 2002;35(1):27-30.
- Halsted MJ, Perry LA, Cripe TP, Collins MH, Jakobovits R, Benton C, Halsted DG. Improving patient care: The use of a digital teaching file to enhance clinicians access to the intellectual capital of interdepartmental conferences. *Am J Roentgenol*. 2004;182:307-9.
- Jakobovits R, Halsted M, Shanaman M, Weinberger E. Developing a teaching file authoring system using content management technology. *J Digit Imaging*. 2003;16(suppl): 67- 9.
- Collins J, Blankenbaker D, Albanese MA. A program to create and exchange teaching cases in radiology. *Acad Med*. 1998;73(5):587.
- Medical Imaging Resource Center - MIRC. [citado 2008 jul 10] Disponível em: <http://www.rsna.org/MIRC/>
- MyPACS. [citado 2008 jul 20]. Disponível em: http://www.mypacs.net/repos/mpv3_repo/static/m/Home/
- Weinberger E, Jakobovits R, Halsted M. MyPACS.net: A web-based teaching file authoring tool. *Am J Roentgenol*. 2002 Sep; 179:579-82.
- Medical Image Database. [citado 2008 ago 01]. Disponível em: <http://rad.usuhs.edu/medpix/>
- Langlozt CP, Caldwell SA. The completeness of existing lexicons for representing radiology report information. *J Digit Imaging* [periódico na internet]. 2004 April [citado 2008 jun 15]; 15(1):201-5. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/u2f60jlfpth4cjth/>
- RadLex RSNA. [citado 2008 ago 02]. Disponível em: <http://www.radlex.org/viewer>
- Langlotz CP. Radlex: a new method for indexing online educational materials. *Radiographics*. 2006;26:1595-7.
- Elmasri RE, Navathe S. Sistemas de banco de dados. 4. ed. São Paulo: Addison-Wesley.
- Barioni MCN. Operações de consulta por similaridade em grandes bases de dados complexos. [Tese]. São Carlos: Universidade de São Paulo. Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação; 2006.
- Kiyoki Y, Kitagawa T, Hayama T. A metadatabase system for semantic image search by a mathematical model of meaning. *ACM SIGMOD Record*. [Internet]. 1994;23(4):34-41. [citado 2008 jun 8]. Disponível em :<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=190639>
- Nager P. Open source in imaging informatics. *J Digit Imaging*. [Internet]. 2007;20(1):1-10. [citado 2008 mai]. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/ux777t47g638k402/fulltext.pdf>
- Pinheiro MG, Figueiredo LR, Azevedo- Marques PM, Elias-Jr J. Computational environment for radiology and image-diagnosis teaching: a proposal using systems methodology. *iJET*. 2009;4:52-7.