



**UNIVERSIDADE SALVADOR - UNIFACS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS E
COMPUTAÇÃO
MESTRADO EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO**

JEANE FRANCO DE ARAÚJO

***HEALTH-IMAGE: UM AMBIENTE PARA APOIO AO
RADIODIAGNÓSTICO ATRAVÉS DA WEB***

Salvador
2008

JEANE FRANCO DE ARAÚJO

***HEALTH-IMAGE: UM AMBIENTE PARA APOIO AO
RADIODIAGNÓSTICO ATRAVÉS DA WEB***

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Acadêmico em Sistemas e Computação, Universidade Salvador – UNIFACS, como requisito para obtenção do para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Celso Alberto Saibel Santos.

Salvador
2008

FICHA CATALOGRÁFICA

(Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Salvador - UNIFACS)

Araújo, Jeane Franco de

Health-Image: um ambiente para apoio ao radiodiagnóstico através da web/ Jeane Franco de Araújo. - 2008.

80 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Salvador – UNIFACS. Mestrado Acadêmico em Sistemas e Computação, 2008.

Orientador: Prof. Dr. Celso Alberto Saibel Santos.

1. Ontologias. I. Santos, Celso Alberto Saibel, orient. II. Título.

CDD: 004.6

HEALTH-IMAGE: UM AMBIENTE PARA APOIO AO RADIODIAGNÓSTICO ATRAVÉS DA WEB

Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Sistemas e Computação, Universidade Salvador – UNIFACS, pela seguinte banca examinadora:

Celso Alberto Saibel Santos - Orientador _____
Doutor em Informatique Fondamentale et Parallelisme pela Université Paul Sabatier de Toulouse, França
Universidade Salvador – UNIFACS

Magdala de Araújo Novaes _____
Doutora em Bioinformática, Université D´Aix-Marseille II
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Gilson Soares Feitosa _____
Médico Cardiologista, Diretor do Departamento de Ensino e Pesquisa
Hospital Santa Izabel - HSI

Thomas Araújo Buck _____
Doutor em Informática pela Universität Tübingen, Alemanha
Universidade Salvador - UNIFACS

Salvador, 08 de dezembro de 2008

RESUMO

O diagnóstico baseado em imagens vem ocupando um papel cada vez mais relevante na área médica, em especial, em radiologia. A adoção do padrão DICOM, que permite padronizar o armazenamento e a transmissão de imagens médicas, foi o ponto de partida para a criação de sistemas para gerenciamento de imagens digitais (PACS). Tais sistemas possibilitaram o surgimento de um serviço de radiologia sem filme, permitindo a aquisição e visualização de imagens através de qualquer estação de trabalho. Em contrapartida, a implantação de uma infra-estrutura integrada para captura, tratamento e análise de imagens geralmente envolve custos elevados. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de um ambiente computacional de baixo custo e baseado em Web para transmissão e manipulação de imagens médicas. O sistema desenvolvido levou em conta os requisitos do processo de certificação de segurança propostos pela SBIS e pelo CFM. No sentido de propiciar uma melhor precisão nas descrições dos casos clínicos, o trabalho propõe também uma solução para anotação de imagens de forma sistemática e especializada para um domínio específico através do uso de uma ontologia de domínio. Estas anotações representam a base para o desenvolvimento de sistemas de recuperação de imagens baseada na semântica de seus conteúdos.

Palavras chaves: Teleradiologia. RIS. PACS. Radiologia. Web. Ontologias.

ABSTRACT

The diagnosis based on images is an important issue, nowadays, on the medicine area. Particularly on the radiology, the adoption of the DICOM pattern, idealized with the intent of make storage and transmission of medical images standard, was the start point to digital images management systems (PACS) creation. Those systems facilitate the development of a filmless radiology service, allowing the acquisition and visualization of medical images through any workstation. However, the deployment of an integrated infra-structure for images capture, treatment and analysis involves high costs. In this context, one of the objectives of this work is to present a simple computational environment, of low cost and based on the Web for transmission and manipulation of medical images. The vocabulary standard and knowledge sharing represents a great challenge in the medical area. Intending to get a better precision way in describing clinical cases, this work pretends to show a solution based on medical images annotations, in a systemic way, to a specific domain and formalized in the realms of established ontology. Through these annotations, it is possible to recover medical images with similar descriptions. The development of the presented solution intends to fit in the security certification process requisites proposed by the Brazilian Society of Informatics and Health and by the Medicine Federal Council.

Keywords: teleradiology. RIS. PACS. Radiodiagnostics. Web. Ontologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem de Tomografia Computadorizada	13
Figura 2 – Esquema de um sistema PACS	16
Figura 3 – Sistema de recuperação e armazenagem de Imagem.....	20
Figura 4 – TEP visualizado através de TC	24
Figura 5 – Hierarquia da ontologia DST	26
Figura 6 – Arquitetura da solução proposta	29
Figura 7 – Diagrama de atividades do Health-Image	36
Figura 8 – Diagrama de caso de uso – Principais casos de uso	38
Figura 9.– Diagrama de caso de uso - Consultar e visualizar imagem.	39
Figura 10 – Diagrama de caso de uso – Manipular imagem	39
Figura 11 – Diagrama de caso de uso – Cadastrar tópico	41
Figura 12 – Diagrama de caso de uso – Cadastrar mensagem	42
Figura 13 – Diagrama de caso de uso – Associar imagem a tópico.....	43
Figura 14 – Diagrama de caso de uso - Cadastrar anotação	43
Figura 15 – Diagrama de caso de uso – Gerenciar segurança	44
Figura 16 – Arquitetura genérica do Health-Image.....	48
Figura 17 – Diagrama das principais tabelas do PACSOne.....	50
Figura 18 – Visualização de imagem médica através do DICOM Viewer	51
Figura 19 – Arquivo contendo elementos da IML	56
Figura 20 – Hierarquia da Ontologia TepOnto.....	58
Figura 22 – Estrutura de menu do Health-Image (papel administrador).....	59
Figura 23 – Visualização das imagens no Health-Image	61
Figura 24 – Funcionalidades de manipulação da imagem DICOM	62
Figura 25 – Solicitação de um tópico de segunda opinião	64
Figura 26 – Visualização gráfica da ontologia	65
Figura 27 – Busca de Imagens através de conteúdo	65
Figura 28 – Atribuição de papéis a usuário	66
Figura 29 – Questionário de avaliação do Health-Image	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Partes do Padrão DICOM 3.0.....	17
Quadro 2 – Definições do componente da ontologia.....	27
Quadro 3 – Requisitos funcionais do sistema	33
Quadro 4 – Especificação dos casos de uso.....	37
Quadro 5 – Especificação de caso de uso – Visualizar imagem.....	38
Quadro 6 – Especificação de caso de uso – Manipular Imagem.....	40
Quadro 7 – Especificação de caso de uso – Cadastrar tópico	40
Quadro 8 – Especificação de caso de uso – Cadastrar mensagem.....	41
Quadro 9 – Especificação de caso de uso – Associar imagem a tópico	42
Quadro 10 – Especificação de caso de uso – Cadastrar anotação	44
Quadro 11 – Requisitos não funcionais do sistema	46
Quadro 12 – Entidades que compõem o jguard	54
Quadro 13 – Controle de segurança – Segunda opinião	63
Quadro 14 – Controle de segurança – Estudo de caso.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado da avaliação do sistema.....	68
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACR	Colégio Americano de Radiologia (do inglês, <i>American College of Radiologists</i>)
AET	Entidade de Aplicação (do inglês, <i>Application Entity Title</i>).
AMB	Associação Médica Brasileira
API	Interface de programação de aplicativos (do inglês, <i>Application Program Interface</i>).
CFM	Conselho Federal de Medicina
CBIR	Recuperação de imagens com base no conteúdo (do inglês, <i>Content Based Image Retrieval</i>).
DICOM	Comunicação de imagens digitais em medicina (do inglês, <i>Picture Archiving and Communication System</i>).
HSI	Hospital Santa Izabel
IML	Linguagem de marcação de imagens (do inglês, <i>Image Markup Language</i>).
IR	Recuperação de Informação (do inglês, <i>Information Retrieval</i>)
OWL	Linguagem para ontologia na web (do inglês, <i>Web Ontology Language</i>)

OMS	Organização Mundial de Saúde (do inglês, <i>World Health Organization</i>)
PACS	Sistema de comunicação e arquivamento de imagens (do inglês, <i>Picture Archiving and Communication System</i>)
PEP	Prontuário Eletrônico do Paciente
RIS	Sistema de Informação em Radiologia (do inglês, <i>Radiology Information System</i>)
SBIS	Sociedade Brasileira de Informática em Saúde
SBPT	Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia
TC	Tomografia computadorizada
TEP	Tromboembolismo pulmonar
TI	Tecnologia da Informação
XML	Linguagem de marcação (do inglês <i>Extended Markup Language</i>)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 MOTIVAÇÃO	9
1.2 ESCOPO.....	10
1.3 OBJETIVOS.....	10
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	11
2 DIAGNÓSTICO BASEADO EM IMAGENS	12
2.1 TELERADIOLOGIA.....	12
2.1.1 Tomografia computadorizada	12
2.2 SISTEMAS RIS E PACS.....	13
2.3 O PADRÃO DICOM.....	14
2.3.1 Estrutura do padrão DICOM	16
2.4 RECUPERAÇÃO DE IMAGENS MÉDICAS.....	18
2.4.1 Indexação e consultas de imagens médicas	18
2.4.2 Recuperação baseada em conceitos	20
2.4.2.1 Diretrizes.....	22
2.4.2.2 Recuperação baseada no conteúdo visual	24
2.4.2.3 Recuperação baseada em imagem exemplo	25
2.4.3 Anotação de imagens médicas e ontologias	25
3 HEALTH-IMAGE: SISTEMA PARA AUXÍLIO AO RADIODIAGNÓSTICO .	31
3.1 ABORDAGEM DE DESENVOLVIMENTO	31
3.2 ETAPA1: ESPECIFICAÇÃO FUNCIONAL.....	33
3.2.1 Casos de Uso	36
3.2.1.1 Ator Médico: Visualizar Imagem.....	38
3.2.1.2 Ator Médico: Manipular imagem.....	39
3.2.1.3 Ator Médico: Cadastrar tópico	40
3.2.1.4 Ator Médico: Cadastrar mensagem.....	41
3.2.1.5 Ator Médico: Associar imagem a tópico ou mensagem.....	42
3.2.1.6 Ator Médico: Cadastrar e consultar anotação	43
3.2.1.7 Ator Administrador: Gerenciar segurança	44
3.3 ETAPA2: ESPECIFICAÇÃO NÃO FUNCIONAL.....	45
3.4 ETAPA 3: DEFINIÇÃO DA ARQUITETURA E IMPLEMENTAÇÃO...	47
3.4.1 Componente A: Aquisição de Imagens	49
3.4.2 Componente B: Visualização e Manipulação de Imagens	50
3.4.2.1 Fórum de Discussão	51

3.4.3	Componente C: Segurança	52
3.4.3.1	Implementação da Segurança – Controle de Acesso	53
3.4.4	Componente D: Anotação e Recuperação de Imagens	54
3.4.4.1	Implementação da anotação e busca de imagens	55
3.4.4.2	TEPOnto: Ontologia para diagnóstico do TEP	57
3.4.5	Interface do <i>Health-Image</i>	58
3.4.6	Descrição dos Módulos Funcionais do Sistema	60
3.4.6.1	Módulo 1 : Mural	60
3.4.6.2	Módulo 2 : Imagens de pacientes	61
3.4.6.3	Módulo 2 : Fórum	62
3.4.6.4	Módulo 4: Pesquisa de Anotações	64
3.4.6.5	Módulo 5: Segurança	65
3.5	ETAPA 4: REALIZAÇÃO DE TESTES	66
4	AVALIAÇÃO E ANÁLISE	69
4.1	SOBRE O TRABALHO	69
4.2	CONTRIBUIÇÕES DO AMBIENTE <i>HEALTH-IMAGE</i>	69
4.3	TRABALHOS RELACIONADOS	70
4.3.1	Teleradiologia em oncologia pediátrica	70
4.3.2	SRIS-HC	70
4.3.3	CbPACS	71
4.3.4	Ontologias: Indexação e recuperação de fotografias	71
4.3.5	SRIM – Sistema de Recuperação de Imagens Mamográficas	71
4.3.6	MEDICUS	71
4.3.7	Integração RIS / PACS baseada em Web	72
4.4	LIMITAÇÕES	72
4.5	COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS ANTERIORES E O HEALTH-IMAGE	73
4.6	TRABALHOS FUTUROS	74
	REFERÊNCIAS	77

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

Nas últimas décadas, a medicina deu um passo considerável a partir do diagnóstico por imagem. A expansão do mercado de equipamentos de diagnóstico por imagem trouxe novas técnicas de aquisição e processamento de imagens que possibilitam a obtenção de resultados mais completos e, conseqüentemente, maior capacidade de diagnóstico e terapia. Com isto, é crescente a necessidade de mecanismos eficientes de armazenamento e recuperação para a grande quantidade de imagens médicas geradas através dos equipamentos de aquisição.

A implantação de sistemas de diagnóstico por imagem, que funcionam através de computadores conectados em redes, normalmente envolve altos custos. Tais sistemas arquivam e disponibilizam imagens médicas, possibilitando a exibição através de qualquer estação de trabalho. Desta forma, o exame do paciente pode estar disponível para que diferentes profissionais possam acessar simultaneamente de forma remota, mesmo estando em locais distintos.

Na área médica, os procedimentos realizados pelos profissionais de saúde geram uma grande quantidade de informações, as quais ainda são bastante heterogêneas. A informação em texto livre, embora mais aceita pelos profissionais por se assimilar à documentação escrita, geralmente é incompleta e ambígua. Isto dificulta ou inviabiliza a recuperação eficaz da informação. Por outro lado, os dados armazenados de forma estruturada e baseados em um vocabulário comum podem servir de apoio para tomada de decisão sobre o tipo de tratamento, facilitar estudos epidemiológicos e propiciar uma busca eficaz de diagnósticos similares para cada caso clínico.

Neste cenário, a utilização de um sistema de apoio ao radiodiagnóstico pode facilitar, aprimorar e agilizar o diagnóstico, uma vez que torna possível compartilhar imagens e informações padronizadas sobre estas entre os

profissionais de uma instituição, ou entre profissionais de instituições distintas, que estejam colaborando entre si.

1.2 ESCOPO

Este trabalho foi desenvolvido através de pesquisadores vinculados ao Mestrado de Sistemas e Computação da Universidade Salvador em conjunto com o Departamento de Ensino e Pesquisa do Hospital Santa Izabel (HSI). O objetivo é incorporar a tecnologia a um dos diversos segmentos da medicina, a radiologia. Devido a isto, para um melhor entendimento entre a prática médica dos radiologistas e demais profissionais médicos, o trabalho envolveu o serviço de radiologia do referido hospital.

Foi selecionada uma conduta de diagnóstico da área de pneumologia como estudo de caso para o diagnóstico baseado em informações padronizadas. Assim, foi envolvido também o serviço de pneumologia do hospital.

Esta dissertação está centrada na recuperação, manipulação e anotação de imagens para apoio ao radiodiagnóstico. Pretende-se com isto, dar suporte ao diagnóstico baseado em imagens médicas provenientes de aparelhos de exames radiológicos, trazendo benefícios aos pacientes, médicos e consequentemente à instituição hospitalar.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é oferecer um sistema, simples e de baixo custo (de implementação)¹, capaz de promover um trabalho cooperativo entre profissionais médicos, através de ferramentas para a visualização, manipulação e anotação de imagens médicas. A combinação destes recursos irá propiciar uma melhoria da qualidade do diagnóstico na área de radiologia.

Como objetivos secundários têm-se: (i) suporte ao trabalho colaborativo através de fórum de discussão, segunda opinião diagnóstica e estudo de casos

¹ No escopo deste trabalho, entende-se como uma solução de baixo custo aquela que é baseada em ferramentas e componentes pré-existentes e no reuso de códigos fonte abertos e disponíveis na Web.

clínicos por grupos de médicos sobre as imagens armazenadas; (ii) a implementação busca atender aos requisitos do processo de certificação de segurança propostos pela SBIS e pelo Conselho Federal de Medicina (CFM) e; (iii) possui uma arquitetura extensível, que suporta a incorporação de novos componentes e novas fontes de dados, sem exigir maiores modificações na arquitetura.

Os resultados obtidos através deste trabalho devem ser incorporados ao Prontuário Eletrônico de Saúde (PEP) adotado pelo HSI.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está organizada em quatro capítulos. O próximo capítulo introduz e descreve os conceitos utilizados no decorrer do trabalho. O capítulo 3 descreve a metodologia, especificação, implementação e testes realizados no sistema de suporte ao radiodiagnóstico que foi desenvolvido. Na seqüência, o capítulo 4 apresenta uma avaliação do sistema desenvolvido, as discussões finais sobre o trabalho, as limitações do sistema, alguns trabalhos correlatos. Finalmente, as referências utilizadas no texto são apresentadas.

2 DIAGNÓSTICO BASEADO EM IMAGENS

Este capítulo concentra-se em apresentar alguns dos conceitos básicos das áreas relacionadas à dissertação, a fim de estabelecer uma ligação entre os mesmos de forma a compor o tema e definir quais seriam utilizados no sistema de apoio ao radiodiagnóstico proposto no capítulo 3.

2.1 TELERADIOLOGIA

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a telemedicina pode ser definida como a oferta de serviços ligados aos cuidados com a saúde, nos casos em que a distância é um fator relevante. Tais serviços são realizados por profissionais de saúde, através do uso de TI para a troca de informações para fins de diagnósticos, prevenção, tratamento de doenças e a contínua educação de profissionais envolvidos com a área de saúde.

A teleradiologia pode ser definida como uma especialização da telemedicina, na qual ocorre transmissão de imagens radiológicas entre locais separados geograficamente com a finalidade de consulta e interpretação médica à distância.

O sistema proposto nesta dissertação pode ser considerado um sistema de apoio à teleradiologia, pelo fato de possibilitar a realização de laudos acerca de imagens radiológicas através de uma aplicação Web. Estas imagens, em conjunto com o parecer dado pelo médico, compõem o laudo médico que explica o diagnóstico.

2.1.1 Tomografia computadorizada

A Tomografia computadorizada (TC) é um dos exames mais confiáveis na atualidade. Ele utiliza um aparelho de raios X que gira ao redor do paciente, realizando cortes transversais de uma série de seções fatiadas que posteriormente serão montadas para constituir um quadro completo, possibilitando a visualização em três dimensões. Através deste exame é possível detectar alterações minúsculas em tecidos, o que torna possível diagnosticar precocemente algumas doenças.

Durante a realização da TC, os parâmetros adquiridos após as medições são traduzidos em imagens transversais de planos extremamente finos. As áreas a serem analisadas dependem da solicitação do médico especialista.

Para finalizar o diagnóstico, o médico especialista em radiologia usará as imagens obtidas durante a realização da TC para emitir o laudo. No presente trabalho, as imagens utilizadas como objeto de estudo são oriundas de exames de TC. A figura 1 mostra um exemplo de imagem de exame de TC de crânio.

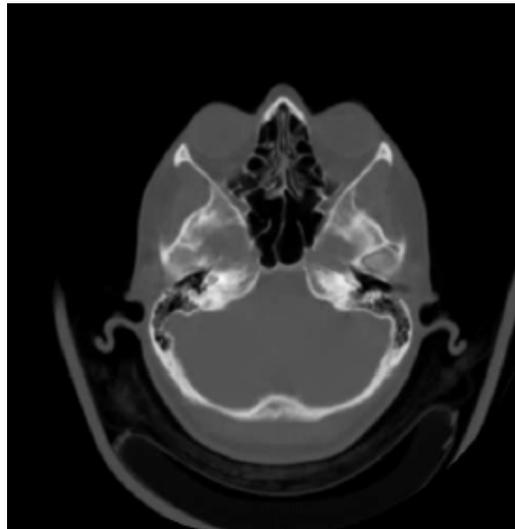


Figura 1 – Imagem de Tomografia Computadorizada

2.2 SISTEMAS RIS E PACS

Na medicina, é crescente a necessidade de gerenciamento de informações digitais. Atualmente, esta necessidade ultrapassa as barreiras do gerenciamento de informações puramente textuais (informações dos pacientes, laudos, etc), englobando a parte de imagens médicas.

Um PACS é um sistema computacional responsável pelo gerenciamento, transmissão, armazenamento e distribuição de imagens médicas em uma instituição de saúde. Este sistema geralmente é integrado com sistemas RIS,

que visam relacionar as imagens com informações textuais, com o objetivo de melhorar a qualidade do atendimento ao paciente².

Tratando-se de imagens médicas, fatores como segurança, confiabilidade, armazenamento e comunicação exercem grande influência em sistemas RIS. Estes sistemas estão organizados em três componentes dependentes: a) geração; b) análise e c) gerenciamento das imagens. A primeira camada é responsável pela obtenção das imagens no formato digital. A camada de gerenciamento é responsável pelo controle da geração e distribuição das informações. Na análise, são aplicadas técnicas de processamento digital e transformações geométricas para a manipulação das imagens.

De maneira geral, um PACS utiliza uma rede de teleradiologia geograficamente distribuída, que inclui um ou mais servidores de imagens médicas e diversas estações clientes distribuídas e interligadas. No modelo de camadas citado anteriormente, o PACS está associado a camada de geração de imagens, sendo suas principais funcionalidades: aquisição, armazenamento, disponibilidade e exibição.

2.3 O PADRÃO DICOM

A utilização de texto livre para o armazenamento de informações da área médica dificulta a realização de análises pelos sistemas de informação e torna ineficaz o controle sobre os elementos da informação, para que esses possam ser classificados e agregados de forma automatizada (ZANSTRA, 1998).

Na área médica, os padrões normalmente são definidos através de um consenso com a participação das empresas que desenvolvem equipamentos para realização de exames, universidades e órgãos governamentais. As empresas comumente estão interessadas no desenvolvimento de padrões bem definidos que sejam capazes de retornar investimentos para a área de saúde (BENSON, 1998).

² A integração entre RIS e PACS é comumente designada como sistema RIS/PACS

O uso de padrões no vocabulário médico e no armazenamento de informações é fundamental para recuperar informações que possam auxiliar no diagnóstico do paciente, assim como para fins epidemiológicos. Com o aumento do número de equipamentos de imagens médicas, de fabricantes distintos, a integração das informações geradas através da realização de exames tornou-se uma tarefa complexa. Assim, surgiu a necessidade de padronizar os arquivos de imagens e do protocolo de comunicação, com o intuito de realizar o intercâmbio entre equipamentos distintos e manter a interoperabilidade entre equipamentos de imagens médicas e os computadores.

O padrão de comunicação de imagens digitais em medicina (DICOM) é uma especificação que define uma forma de troca de imagens médicas e informações associadas através de uma rede de computadores. Estas imagens podem ser oriundas de exames de TC, RM, medicina nuclear, ultra-sonografia, raio-X, dentre outros. Ele surgiu com o objetivo de criar um formato e um protocolo em comum para que imagens médicas digitais geradas através de diferentes equipamentos pudessem ser compartilhadas. Assim, o DICOM define a estrutura dos arquivos, que contém as imagens, para que possam ser armazenadas em um servidor, transmitidas através de uma rede de computadores e disponibilizadas através de uma interface para visualização.

A figura 2 ilustra a base de um sistema PACS, onde o fluxo das imagens radiológicas dá-se da seguinte forma: os equipamentos que realizam os exames radiológicos disponibilizam as imagens na rede, inserindo-as no servidor DICOM. Através de requisição, um cliente acessa as imagens disponíveis no servidor DICOM e as envia para o servidor Web. Este último disponibiliza os seus serviços para que as imagens possam ser acessadas através da interface de acesso (navegador Web) para o usuário.



Figura 2 – Esquema de um sistema PACS

Nos dias atuais, o padrão DICOM já é utilizado pela maioria de equipamentos médicos para a realização de solicitações de diversas áreas, tais como radiologia, angiografia, medicina nuclear, dentre outras.

2.3.1 Estrutura do padrão DICOM

A versão atual da estrutura do padrão³ foi definida de forma que novos serviços possam ser adicionados, facilitando a inclusão de alterações de acordo com as necessidades. O padrão possui 18 partes, sendo duas destas (OS 3.9 e OS 3.13) obsoletas. A estrutura do padrão DICOM 3.0 é apresentada no Quadro 1.

³ A terceira versão do padrão (nomeada de DICOM 3.0) foi apresentada em 1993 através de um comitê de trabalho formado por membros do *American College of Radiology* (ACR) e do *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA).

PARTE	DESCRIÇÃO
OS 3.1	Introdução e Visão Geral (<i>Introduction and Overview</i>).
OS 3.2	Conformidade (<i>Conformance</i>).
OS 3.3	Definição dos Objetos de Informação (<i>Information Object Definition</i>).
OS 3.4	Especificação das Classes de Serviços (<i>Service Class Specification</i>).
OS 3.5	Estrutura de Dados e Codificação (<i>Data Structures and Encoding</i>).
OS 3.6	Dicionário de Dados (<i>Data Dictionary</i>).
OS 3.7	Troca de Mensagens (<i>Message Exchange</i>).
OS 3.8	Suporte a Comunicação em Rede para Troca de Mensagens (<i>Network Communication Support for Message Exchange</i>).
OS 3.9	Obsoleto.
OS 3.10	Armazenagem em Mídia e Formato de Arquivos para Troca de Mensagens (<i>Media Storage and File Format for Media Interchange</i>).
OS 3.11	Perfis de Aplicações da Armazenagem em Mídia (<i>Media Storage Application Profile</i>).
OS 3.12	Funções de Armazenamento e Formatos de Mídia para Troca de Dados (<i>Media Formats and Physical Media for Media Interchange</i>).
OS 3.13	Obsoleto.
OS 3.14	Função de Apresentação de Padrões de Escalas de Cinza (<i>Grayscale Standard Display Function</i>).
OS 3.15	Perfis de Segurança e Gerenciamento do Sistema (<i>Security and System Management Profiles</i>).
OS 3.16	Recurso de Mapeamento de Conteúdo (<i>Content Mapping Resource</i>).
OS 3.17	Informações Explicativas (<i>Explanatory Information</i>).
OS 3.18	Acesso à Web para Objetos DICOM Persistentes (<i>Web Access to DICOM Persistent Objects – WADO</i>).

Quadro 1 – Partes do Padrão DICOM 3.0

Fonte: ACR-NEMA (1996)

2.4 RECUPERAÇÃO DE IMAGENS MÉDICAS

As imagens médicas têm ocupado um papel de grande relevância, possibilitando a visualização, de forma não-invasiva, de estruturas internas dos pacientes. A crescente ligação entre a medicina moderna e o diagnóstico por imagem vem resultando em grandes quantidades de imagens arquivadas em hospitais e consultórios. Entretanto, ao mesmo tempo, a forma estruturada de armazenamento em banco de dados relacional não permite explorar o conteúdo de objetos multimídia, como imagens estáticas, áudio e vídeo. Com isto, parte da informação relevante acaba sendo degenerada para uma coleção de dados sem nenhuma semântica, prejudicando a tomada de decisão.

O grande volume de dados produzido nas instituições de saúde requer o uso de novas tecnologias para a recuperação das imagens. Como consequência, grandes desafios se apresentam nas áreas de armazenamento, indexação e recuperação de imagens médicas. Entre estes desafios podem ser citados: “Como proporcionar a discussão entre médicos, distantes entre si, para propiciar um diagnóstico mais eficaz?”, “Como encontrar um caso de diagnóstico específico entre uma infinidade de imagens?”, “Como encontrar um subconjunto de imagens de diagnósticos similares para uma pesquisa médica?” ou “Como garantir que os médicos estão utilizando o mesmo termo para um mesmo diagnóstico?”.

No processo de recuperação de imagens médicas devem ser levados em consideração fatores relevantes como o tempo necessário pelo usuário para a obtenção da informação e a habilidade do sistema para a recuperação de informações relevantes.

Nos tópicos a seguir serão abordadas algumas técnicas utilizadas para facilitar os desafios presentes na recuperação de imagens médicas.

2.4.1 Indexação e consultas de imagens médicas

Os sistemas PACS, possibilitaram o gerenciamento dos processos de aquisição, armazenamento, consulta e exibição de imagens médicas, gerando grandes volumes de imagens produzidas diariamente. O aproveitamento de

todas as informações existentes nestes dados da forma mais eficiente possível tem sido o grande desafio dos trabalhos desenvolvidos por pesquisadores da área (CASTAÑÓN, 2003). Neste contexto, o desenvolvimento de técnicas capazes de auxiliar no diagnóstico através de buscas baseadas em critérios de similaridades, eliminando a subjetividade das buscas textuais, representa uma área de estudo bastante promissora.

A busca de imagem através de informações sobre o seu conteúdo pictórico é um dos mecanismos de busca orientada ao conteúdo. O seu principal objetivo é localizar uma coleção de imagens de acordo com parâmetros estabelecidos, baseadas em similaridade visual de partes da imagem ou de todo o seu conjunto. Através deste mecanismo, é possível imaginar uma evolução no diagnóstico médico, através da identificação de padrão de doenças, associações entre patologias, levantamento de dados epidemiológicos, dentre outros, a partir da similaridade das imagens armazenadas.

De acordo com o tipo de informação a ser utilizada na caracterização do conteúdo da imagem, os métodos mais comuns de formulação de consulta são baseados em (HONDA; RODRIGUES, 2002):

- a) Atributos textuais: consistem na descrição do que se encontra no exame através de atributos textuais. Estas informações normalmente são obtidas a partir da análise de um profissional especialista no domínio de conhecimento em que esteja inserido o exame. Entretanto, o texto pode apresentar um alto índice de ambigüidade, além de estar atrelado ao conhecimento do especialista. Esta abordagem é também conhecida como indexação baseada em conceitos e atua no nível semântico.
- b) Em características pictóricas: consistem na extração de um conjunto de elementos gráficos que possam caracterizar o conteúdo da imagem, como, por exemplo, o histograma de cores, textura, descritores da forma, e outros. Esta abordagem é também conhecida como indexação baseada em conteúdo e atua no nível sintático.

- c) Em imagem-exemplo: consistem em fornecer uma imagem a ser utilizada como um exemplo das demais a serem recuperadas a partir do banco de dados.

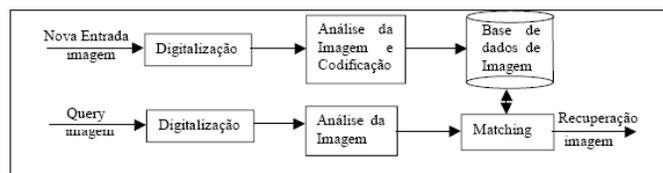


Figura 3 – Sistema de recuperação e armazenagem de Imagem

A figura 3 (MANDAL; ABOULNASR; PANCHANATHAN, 1996) mostra a arquitetura típica de um sistema de recuperação e indexação de imagens. Na figura, o primeiro caso faz uso de algoritmos de computação visual para gerar a descrição e posteriormente armazenar em forma de texto. O segundo caso realiza a análise de objetos com base em características como, cor, textura e formas, para a recuperação baseada em conteúdo.

2.4.2 Recuperação baseada em conceitos

Na técnica de indexação baseada em conceitos, as imagens e os objetos nelas representados são identificados e descritos em termos do que eles são e o que representam. A descrição, em geral textual, é a representação das características temáticas da imagem, traduzindo os significados das coisas e as representando pela sua aparência. Comumente, estas descrições estão contidas em descritores associados aos dados contidos nas imagens, sendo estes conhecidos como metadados. Uma das principais vantagens na utilização de descrição através destes, está associada a maior precisão na recuperação das informações e na facilidade de comunicação entre aplicações.

O processo de indexar imagens com base em conteúdo é mais fácil quando os usuários fazem parte de uma comunidade reduzida e bem definida, pois os possíveis propósitos para os quais as imagens serão utilizadas poderão ser previamente antecipados. Termos adequados, possivelmente de um vocabulário controlado podem ser utilizados para facilitar a recuperação de

imagens. Quando a comunidade é multidisciplinar e os assuntos são mais abrangentes, a indexação se torna uma tarefa ainda mais complexa, uma vez que usuários de diferentes áreas e com diferentes propósitos em mente irão realizar as buscas através dos mais variados termos.

O texto livre, apesar de possuir um grande poder expressivo, tem uma importante limitação para a sua utilização em sistemas de informação: não é trivial para um computador recuperar a informação representada em texto livre. Entretanto, o reaproveitamento das informações em forma de texto livre e não estruturadas envolve alta complexidade, tornando não trivial a obtenção de respostas eficientes para vários questionamentos: “Quais imagens de pacientes apresentaram os mesmos diagnósticos?” ou “Quais são as características peculiares a determinado diagnóstico?”. É através destas respostas que os computadores podem efetivamente auxiliar na conduta médica. Assim, se faz necessário representar as informações de forma “compreensível” por usuários e ao mesmo tempo “processável” por computadores.

A semântica incorporada na troca de informações médicas pode ser padronizada através do uso de terminologias⁴. Esta prática é importante por padronizar uma enorme variedade de termos médicos, representar o conhecimento do domínio através de uma ontologia básica e reduzir a ambigüidade de termos.

Algumas propriedades são consideradas de fundamental importância para um vocabulário controlado para a área de saúde, sendo estas (CIMINO, 1998):

- a) Conteúdo: é necessário adicionar termos para que o vocabulário tenha uma extensão mais abrangente;
- b) Reconhecimento de redundâncias: é comum a existência de redundância nos termos, uma vez que cada profissional conhece mais termos de acordo com a sua área de atuação. A solução

⁴ A terminologia, no contexto científico, é o conjunto das unidades de expressão e comunicação que permitem transferir o pensamento especializado.

mais pratica é agrupar estas ocorrências redundantes em um único termo.

- c) Orientação a conceito: implica na correspondência de termos a pelo menos um conceito, sendo que os conceitos não devem estar associados a mais que um termo.
- d) Hierarquia: é fundamental para agrupar conceitos similares. Por exemplo, “Asma Grave” e “Asma Intermitente” estão associadas ao conceito de “Asma”.

O uso de diretrizes vem ganhando destaque no âmbito da padronização na conduta médica. Elas buscam aprimorar a qualidade do atendimento, evitando que os médicos adotem práticas distintas em casos semelhantes. No intuito de padronizar as informações em uma linguagem comum a todos os usuários, a indexação baseada em conceitos para este trabalho foi desenvolvida com base em uma diretriz voltada para o diagnóstico através de imagens (SANTIAGO, 2007).

2.4.2.1 Diretrizes

As diretrizes (*guidelines*)⁵ são definidas como “procedimentos e condutas criados para auxiliar ao médico na tomada de decisões sobre a melhor conduta em situações clínicas específicas” . (BOXWALLA, 2001).

O objetivo das diretrizes é conciliar as informações da área médica com o intuito de padronizar condutas que auxiliem o raciocínio e a tomada de decisão do médico, através da transferência do conhecimento atualizado e padrões institucionais e redução da variabilidade prática individual (LEITE, 1999).

Na área médica, as diretrizes podem ser usadas em situações críticas, pesquisas e na Medicina Baseada em Evidência (MBE). As políticas adotadas pela MBE definem protocolos clínicos que são aplicados possibilitando uma melhoria na qualidade de atendimento do paciente com ganhos na base econômica.

⁵ Segundo a AMB, a tradução mais adequada para este termo é diretriz.

Várias pesquisas estão sendo desenvolvidas para estudar metodologias para representação das diretrizes em sistemas de informação. Representar as diretrizes através de um formato comum representa um fator crítico para o compartilhamento dessas diretrizes entre diversas instituições.

Dentre alguns modelos de representação de diretrizes médicas, podem ser destacados EON/DHARMA - desenvolvido na Universidade de Stanford (WANG, 2002) e GLIF - desenvolvido pela *InterMed Collaboratory* (PELEG; BOXWALA; OGUNYEMI, 2000).

Neste trabalho, foi utilizada uma diretriz voltada ao diagnóstico do TEP, tomando como base as condutas da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (SBPT).

O Troboembolismo Pulmonar (TEP) é uma doença freqüente e pouco diagnosticada. Por se tratar de uma doença que apresenta sinais e sintomas pouco específicos, a suspeita clínica é demorada. Atualmente, existem alguns exames que podem auxiliar no diagnóstico e ajudar na investigação do tratamento da doença. O TEP consiste na obstrução aguda da circulação arterial pulmonar pela instalação de coágulos sangüíneos (ALVARES; PÁDUA; TERRA, 2003).

Em um exame de TC, os achados característicos de TEP são:

- a) Defeito de enchimento parcial, central ou periférico circundado por um halo de contraste;
- b) Completo defeito de enchimento com obliteração de todo o vaso avaliado.

A figura 4 mostra uma imagem com diagnóstico de TEP, onde as setas indicam falhas de enchimento na artéria pulmonar.

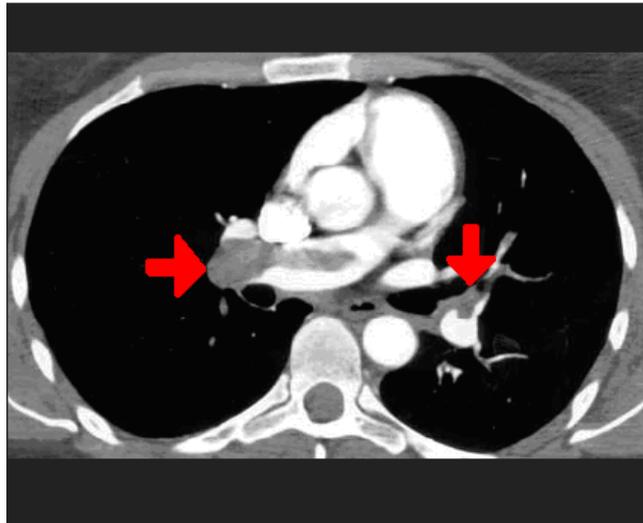


Figura 4 – TEP visualizado através de TC

2.4.2.2 Recuperação baseada no conteúdo visual

A recuperação de informação descreve o processo através do qual um usuário converte uma consulta em uma coleção de referências úteis (GUPTA; JAIN, 1999). Este conceito pode ser estendido para recuperação de informações tomando como base as suas características visuais, tais como textura, contorno, cor, formas, dentre outras.

Pessoas diferentes podem perceber características diferentes pertencentes ao conteúdo de uma mesma imagem. A subjetividade da percepção e a imprecisão da anotação podem gerar resultados ineficientes nas buscas (PEREIRA, 2001). No intuito de superar estas dificuldades, surgiu a área de recuperação de imagens baseada em conteúdo, para a qual as imagens ao invés de serem anotadas através de palavras-chave, são indexadas a partir de suas características visuais.

Através dos sistemas de recuperação de imagens baseado em conteúdo (CBIR), que possuem a habilidade de retornar imagens utilizando como chave de busca outras imagens. Através de uma imagem de consulta, o foco de um sistema CBIR é pesquisar no banco de dados todas as imagens similares à esta imagem de consulta de acordo com um critério oferecido (SMEULDERS, 2000).

O problema da recuperação baseada no conteúdo de uma imagem não é uma tarefa trivial devido à alta complexidade em encontrar as características adequadas que venham a representar uma imagem.

2.4.2.3 Recuperação baseada em imagem exemplo

A recuperação baseada em imagem exemplo é realizada através da identificação de imagens similares a uma que se tem como exemplo. Tal consulta é baseada em operadores de similaridade, e torna-se eficaz quando aborda as características de cor e textura, em casos que o usuário já possui uma imagem como padrão. Por exemplo, é comum os médicos recorrerem a Atlas Médico em busca de uma imagem padrão para determinado diagnóstico. Assim, tendo uma imagem padrão disponível se torna mais fácil localizar imagens similares.

2.4.3 Anotação de imagens médicas e ontologias

A importância das imagens médicas tem sido cada vez maior no apoio ao diagnóstico e terapia dos pacientes. Como os sistemas PACS se encarregam de organizar o grande volume de dados gerados através dos exames, é importante atrelar algum mecanismo que facilite a recuperação dessas imagens. Uma das abordagens mais comuns para esta recuperação é através de anotações com palavras-chave. Entretanto, estas anotações devem ser bem definidas, não ambíguas e de fácil de compreensão pelos especialistas de domínio, de modo a ser útil no processo de recuperação de informação. Para atender a estes requisitos, uma anotação pode ser baseada em um modelo de domínio fornecido, por exemplo, por uma ontologia.

Segundo Borst (1997), uma ontologia é uma especificação “formal” e explícita de uma conceitualização compartilhada. Nesta definição, formal significa legível para computadores; “explícita” diz respeito a conceitos, propriedades, relações, funções, restrições, axiomas, explicitamente definidos; “compartilhado” quer dizer conhecimento consensual; e “conceitualização” diz respeito a um modelo abstrato de algum fenômeno do mundo real.

A ontologia formaliza o conhecimento através de alguns componentes, sendo estes:

- a) **Conceitos:** é a representação de qualquer coisa associada ao domínio em questão. As propriedades de um conceito são denominadas atributos.
- b) **Relacionamentos:** são as integrações entre os conceitos do domínio em questão. Nestas relações são definidas as cardinalidades.
- c) **Propriedades:** são os valores permitidos para uma classe.
- d) **Axiomas:** representam as sentenças que restringem a interpretação dos conceitos.
- e) **Instâncias:** são as representações entre conceitos e relações estabelecidas pela ontologia.

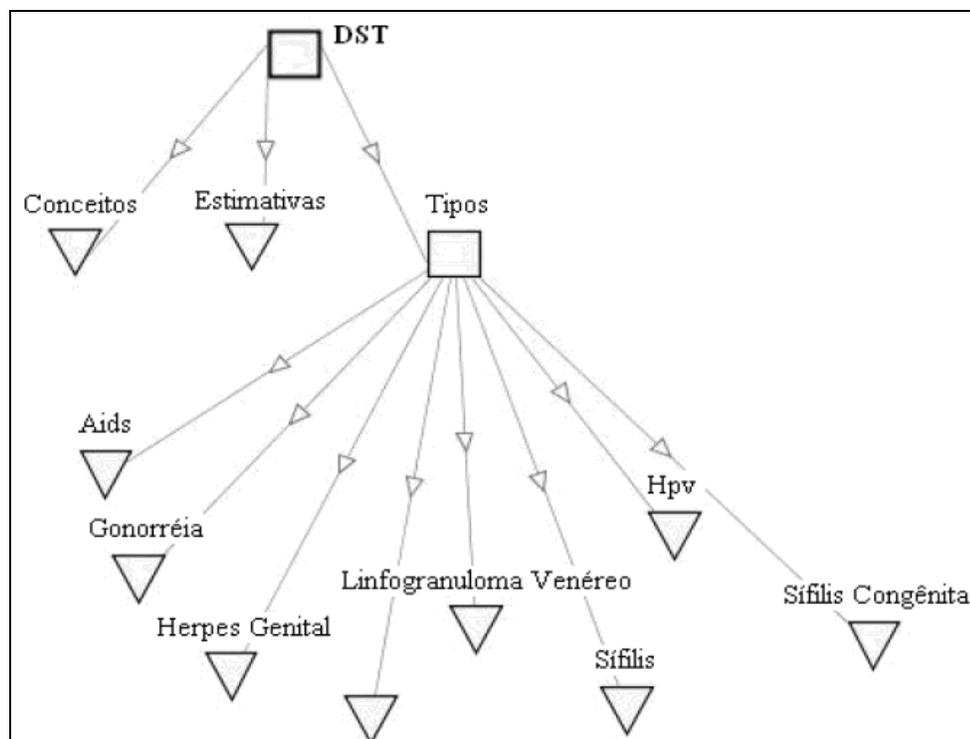


Figura 5 – Hierarquia da ontologia DST

A figura 5 ilustra a estrutura de componentes que constituem uma ontologia voltada para o domínio de Doenças Sexualmente Transmissíveis (DST). A padronização gerada pela estruturação da base de conhecimentos da DST pode facilitar o compartilhamento de informações (FARIAS, 2006). O Quadro 2 contempla definições mais detalhadas sobre esta ontologia.

Nível	Definição
1	DST é o domínio de doenças sexualmente transmissíveis.
2	Tipos representa as variedades de DST.
3	As representações dos tipos são: AIDS (<i>Acquired Immunodeficiency Syndrome</i>), HPV (<i>Human Papiloma Vírus</i>), Sífilis , Sífilis Congênita , Gonorréia , Herpes Genital , Linfogranuloma Venéreo e Tricomoniase .

Quadro 2 – Definições do componente da ontologia

Nota: Elaboração Própria.

Uma ontologia pode ter classificação sobre diversos aspectos, como por exemplo, quanto à função, grau de formalismo, aplicação, estrutura e finalidade. A escolha do tipo ideal está associado aos objetivos que se espera alcançar com a implantação. Segundo Guarino (2007), uma possível classificação para ontologias é a seguinte:

- a) Ontologias de alto nível (*top-level ontologies*): trazem definições muito gerais e abstratas necessárias para a compreensão de aspectos do mundo, como tempo, processos, papéis, espaço, seres, coisas, etc.
- b) Ontologias de domínio (*domain ontologies*): tratam de conceituações voltadas para um domínio mais específico, como: medicina, mecânica, etc.
- c) Ontologias de aplicação (*application ontologies*): incluem todas as definições necessárias para modelar o conhecimento para uma aplicação. Define termos como: relação, função, classe e outras primitivas úteis à modelagem.

- d) Ontologias de representação (*representation ontologies*): definem as primitivas de representação como: frames, axiomas, atributos e outros.

Uma das contribuições deste trabalho foi a criação de uma ontologia com base em uma diretriz de diagnóstico da área médica. Segundo a classificação anterior, a ontologia proposta é uma ontologia de aplicação, pois especificou-se os conceitos do domínio do TEP de acordo com uma necessidade de aplicação e não como uma forma genérica. O objetivo é auxiliar na recuperação de imagens a partir de anotações semânticas baseadas em descrições feitas a partir dessa ontologia.

A anotação de uma imagem utilizando ontologia descreve o seu conteúdo através da associação de conceitos e instâncias descritas na ontologia, possibilitando o tratamento de ambigüidades e a recuperação de imagens semanticamente relacionadas aos termos expressos na consulta.

A utilização de uma ferramenta de busca semântica é capaz de auxiliar na recuperação de imagens, de modo que o usuário encontre a informação com maior precisão e eficiência. Estudos realizados por Paralic e Kostial (PARALIC; KOSTIAL, 2007) voltados à utilização de ontologias em sistemas de recuperação de informação concluíram que os resultados foram satisfatórios em relação a outros métodos que não utilizam ontologias. Tais estudos ressaltam que é possível criar um mecanismo baseado na consulta por meio da agregação de termos correlatos, tornando a busca ainda mais eficiente.

A anotação de imagens baseada em ontologias consiste, a grosso modo, em atribuir a uma imagem (ou parte dela) conceitos pertencentes a uma ontologia (SCHREIBER, 2001). Por outro lado, a busca baseada em ontologia consiste em procurar por imagens que estejam associadas a um conceito informado pelo usuário, dentre aqueles disponibilizados pela ontologia.

Como as imagens só podem ser anotadas através de termos pertencentes à ontologia, há uma maior concordância entre os termos usados por usuários diferentes, amenizando, assim, o problema principal da anotação

por palavras-chave. Outra vantagem desta abordagem é a possibilidade da utilização da ontologia para a expansão das consultas (JANECEK; PU, 2003).

O próximo capítulo apresenta uma solução integrada para os problemas de captura, análise, recuperação e anotação de imagens médicas apresentados no decorrer deste capítulo. A solução está baseada numa arquitetura *Web* que apóia os médicos no processo de diagnóstico por imagens. Esta solução busca atender às vertentes consideradas mais relevantes para o radiodiagnóstico. A figura 6 mostra, de forma genérica, a arquitetura proposta, que busca contemplar:

- a) Segurança das informações;
- b) Aquisição e armazenamento de imagens no formato DICOM;
- c) Disponibilidade das imagens DICOM através de uma interface Web;
- d) Ambiente colaborativo para troca de informações;
- e) Anotação e busca de imagens através de metadados.

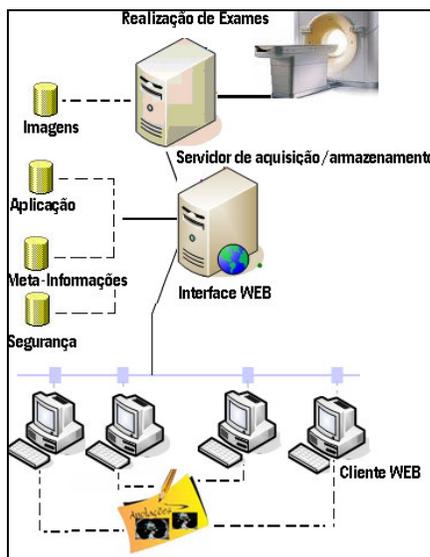


Figura 6 – Arquitetura da solução proposta

A solução proposta está organizada sobre quatro componentes interdependentes, conforme mostrado na arquitetura genérica da figura 6: aquisição de imagens, manipulação de imagens, anotação e recuperação de imagens e segurança.

3 HEALTH-IMAGE: SISTEMA PARA AUXÍLIO AO RADIODIAGNÓSTICO

Este capítulo apresenta o *Health-Image*, uma solução de baixo custo, voltada para a captura, análise, recuperação e anotação de imagens médicas. O sistema proposto foi concebido com o objetivo de possibilitar a disseminação de conhecimento e a manipulação de informações médicas (imagens, laudos, etc.) através da *Web*, evitando deslocamentos dos profissionais (especialistas) médicos para a análise de casos e emissão de laudos e ampliando, assim, os seus horizontes de atuação. As seções seguintes deste capítulo descrevem a metodologia, arquitetura, principais casos de uso e detalhes da implementação.

3.1 ABORDAGEM DE DESENVOLVIMENTO

No decorrer deste trabalho, diversos projetos em áreas correlatas (citados no tópico 4.5 e nas referências deste trabalho) foram avaliados com o objetivo de descobrir componentes provenientes desses projetos que pudessem ser adaptados e integrados de acordo com as necessidades do sistema de auxílio ao radiodiagnóstico proposto. Esta escolha aproveita-se do fato de que já existem diversas soluções tecnológicas para tratar alguns dos problemas a serem solucionados com este trabalho, cujos códigos fonte estão disponíveis na *Web* para uso e adaptação, como o *DICOM Viewer* (2002), voltado para: manipulação de imagens DICOM, o *framework JGuard* (2006) voltado para a segurança, a ferramenta PAIS (2000) voltada para anotação de imagens, o Lucene (2004) utilizado para busca de informações indexadas, o Protégé (2000) usado para a criação da ontologia, entre outros.

O projeto do sistema segue a metodologia de especificação de requisitos adotada por Sommerville (2003), na qual os requisitos estabelecidos pelo cliente devem estar descritos em linguagem natural, acrescido de diagramas. Estes requisitos são detalhadamente definidos e documentados, originando a especificação funcional do sistema. As restrições e os processos do desenvolvimento do sistema originam a especificação não funcional. Estas etapas são descritas a seguir:

- a) **Especificação funcional:** como fase inicial deste trabalho, buscou-se realizar um levantamento de todos os recursos desejados

para o sistema. Para isto foi necessário realizar um entendimento do processo de diagnóstico médico por imagens, possibilitando avaliar como é dada a realização de exames, forma de aquisição e armazenamento das imagens, melhor forma de interação entre especialistas médicos distantes fisicamente, bem como a necessidade de busca destas imagens a partir de determinados diagnósticos. Após estudar os requisitos levantados, foi desenvolvido um modelo de documento, contemplando formalismos e diagramas que descrevem as funcionalidades a serem disponibilizadas pelo sistema.

b) **Especificação não funcional:** após estudar os requisitos funcionais, foram levantadas todas as qualidades inerentes ao funcionamento eficaz do sistema. Esta etapa contemplou aspectos como vantagens de ferramentas e tecnologias, análise do modelo de arquitetura que atende aos requisitos funcionais do sistema, armazenamento de dados, segurança, dentre outros.

c) **Definição da arquitetura e implementação:** esta etapa consistiu em criar a arquitetura base para a implementação do sistema proposto. Para tanto, foi avaliada a melhor forma de integrar os componentes que seriam reutilizados com os novos componentes criados, avaliação das interfaces, lógica de funcionamento do sistema e distribuição dos módulos que o compõem. A implementação consistiu em definir as técnicas utilizadas no projeto, como: linguagem de programação mais adequada, banco de dados apropriado, forma de distribuição de camadas e forma de armazenamento e recuperação das informações.

d) **Realização de testes:** consistiu de uma avaliação dos usuários mediante um questionário de avaliação (mostrado na seção de realização de testes, no decorrer deste capítulo), onde os requisitos levantados foram avaliados. O sistema foi disponibilizado no servidor, contemplando imagens oriundas de exames de pacientes que realizaram exames de TC no HSI, para que os médicos pudessem avaliar.

3.2 ETAPA1: ESPECIFICAÇÃO FUNCIONAL

O levantamento dos requisitos funcionais foi realizado com base em discussões com médicos vinculados ao HSI e orientadores deste projeto. No Quadro 3, são apresentados os requisitos funcionais do sistema, assim como uma breve descrição dos mesmos.

Requisitos Funcionais	
R – 01	Possibilitar que os médicos visualizem imagens no formato DICOM através de qualquer estação de trabalho.
R – 02	Permitir aos médicos a navegação sobre as imagens do paciente, através de pesquisas por alguns critérios como: nome, data de nascimento, nome da mãe, dentre outros.
R – 03	Permitir aos médicos a visualização de dados do paciente e exame (informações sobre a série, nome do paciente, data do exame, dentre outros).
R – 04	Permitir aos médicos a manipulação de imagens, através de operações como: zoom (aumento), rotação e contraste.
R – 05	Permitir a comunicação entre médicos distantes fisicamente, através troca de mensagens instantâneas.
R – 06	Permitir aos médicos a solicitação de segunda opinião acerca do diagnóstico do paciente.
R – 07	Permitir que somente os médicos envolvidos na solicitação de segunda opinião possam visualizar a solicitação.
R – 08	Permitir que somente o médico que solicitou a segunda opinião possa alterar a mensagem (antes que o médico solicitado tenha respondido).
R – 09	Permitir a discussão entre médicos de estudos de caso sobre o diagnóstico do paciente.
R – 10	Permitir aos médicos que consultem o mural de avisos.
R – 11	Permitir aos médicos associar imagens aos tópicos e mensagens.
R – 12	Possibilitar aos médicos dar laudos através de termos padronizados.
R – 13	Possibilitar aos médicos selecionar componentes da ontologia para realizar as anotações.
R – 14	Possibilitar aos médicos selecionar regiões nas imagens para realizar anotações baseadas no diagnóstico padronizado.
R – 15	Possibilitar aos médicos a busca de imagens através dos termos previamente anotados.
R – 16	Permitir aos médicos e administrador do sistema o acesso somente através de uma senha específica.
R – 17	Exigir que os médicos alterem a senha a cada (06) seis meses.
R – 18	Permitir ao administrador do sistema cadastrar/alterar/excluir os usuários que terão acesso ao sistema.
R – 19	Permitir ao administrador do sistema gerenciar o controle de privilégios dos usuários através da associação aos devidos perfis de acesso.
R – 20	Permitir ao administrador a visualização de todas as informações contidas no sistema e a possibilidade de realizar intervenção, caso algum médico faça má uso do sistema em desconformidade das normas estabelecidas pelo CFM.

Quadro 3 – Requisitos funcionais do sistema

Nota: Elaboração própria

Os itens abaixo descrevem os tópicos que foram listados na etapa de levantamento de requisitos funcionais, detalhando as necessidades para o conjunto de requisitos proposto.

- a) R – 01, 02 e 03: atualmente no HSI, os dados originados através do exame de TC são capturados e impressos em filme radiológico. De acordo com a nova proposta, voltada para a teleradiologia, estes dados poderão ser visualizados através de um ambiente *Web*, através de qualquer estação de trabalho. A visualização de informações sobre o paciente (nome, data de nascimento) e exame (data de realização) também são funcionalidades requeridas pelo sistema. O médico poderá localizar as imagens de determinado paciente através de critérios, como nome, data de nascimento, dentre outros;
- b) R – 04: o processo de diagnóstico requer ferramentas adequadas para a análise de imagens. Através do levantamento realizado com a equipe médica, verificou-se a necessidade de disponibilizar um conjunto de operações de manipulação de imagens, tais como: *zoom* (aumento), rotação e contraste;
- c) R – 05, 06, 07, 08, 09 e 10: a troca de informações entre médicos de forma cooperativa é de fundamental importância, principalmente para os casos nos quais o diagnóstico exige uma avaliação por médicos de especialidades distintas. Assim, tornou-se interessante oferecer serviços através da troca de mensagens de forma instantânea e um fórum de discussão para que os profissionais pudessem interagir, mesmo estando fisicamente distantes. Este fórum contempla formas de interação voltadas para estudo de caso e segunda opinião, com critérios de segurança distintos e bem definidos para cada um deles. No caso da solicitação através de segunda opinião, somente os médicos envolvidos poderão visualizar as informações. As informações geradas através das solicitações do tipo estudo de caso poderão ser compartilhadas entre todos os médicos que possuem acesso ao sistema. Caso o médico receba uma solicitação de segunda opinião, ao autenticar no sistema e consultar o mural de avisos, será exibida uma mensagem informando que existe uma nova solicitação de segunda opinião.
- d) R – 11: ao realizar a solicitação (do tipo estudo de caso ou segunda opinião), o médico poderá associar imagens a cada tópico. Mais ainda, o

médico poderá associar imagens de outros pacientes que possuam diagnósticos similares, para fins de comparação de casos.

- e) R – 12, 13, 14 e 15: o médico poderá realizar anotações nas imagens, com base em termos padronizados, para evitar ambigüidade de termos.
 - a. As anotações deverão ser criadas através de padrões estabelecidos formalizados por uma ontologia de domínio. As regiões da imagem serão delimitadas vetorialmente e associadas ao(s) termo(s). O processo de busca de imagens através do diagnóstico, proveniente de termos padronizados, é fundamental para identificar imagens como diagnósticos similares. O médico poderá visualizar todas as imagens que estejam associadas a determinado termo utilizado como parâmetro de busca.
- f) R – 16, 17, 18, 19 e 20: Os requisitos para a segurança são baseados no manual proposto pela SBIS-CFM (2007). Assim, os médicos e o administrador deverão acessar o sistema mediante senha única, sendo que esta deverá ser trocada periodicamente a cada 06(seis) meses. Todos os privilégios dos médicos são gerenciados através do administrador do sistema, que poderá realizar intervenção quanto ao acesso, caso as normas éticas estabelecidas pelo CFM não sejam respeitadas.

O diagrama de atividades relacionado às principais funcionalidades descritas anteriormente é apresentado na figura 7. A primeira atividade (*Obter Imagem do Servidor*) é a única que está atrelada a uma ação externa ao ambiente *Health-Image*, e portanto, não depende de uma ação do usuário.

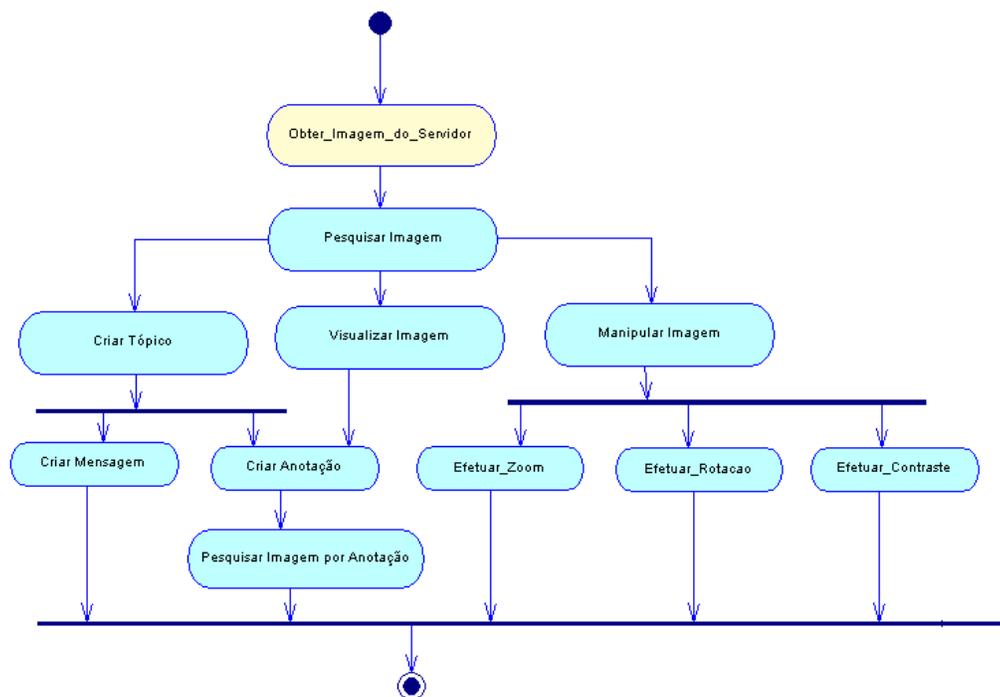


Figura 7 – Diagrama de atividades do *Health-Image*

3.2.1 Casos de Uso

A técnica de casos de uso permite descrever as funcionalidades de um sistema através de atores externos interagindo com o sistema através das funcionalidades disponibilizadas. Os atores e casos de uso estão conectados através de associações e podem ter relacionamentos de generalização que descrevam um comportamento comum. Na documentação gerada nesta fase são descritas as seqüências de eventos que especificam o comportamento do sistema e serão desempenhadas através dos atores para a realização de um processo.

No projeto em estudo, existem dois tipos de atores: *médico* e *administrador*. Todas as ações inerentes ao diagnóstico são sempre iniciadas pelo médico (ator). As questões inerentes ao controle de segurança são de responsabilidade do ator que possui o papel de *administrador* do sistema. Dependendo da sua especialidade, o médico pode também possuir diferentes

papéis no sistema. O Quadro 4 lista a especificação dos principais casos de uso que compõem o *Health-Image*.

Nº	Caso de Uso	Quem inicia a ação	Descrição do caso de uso
1	Consultar paciente e visualizar imagem	Médico	O médico interage com os casos de uso que irão demonstrar a consulta de pacientes e a visualização das imagens.
2	Manipular imagem	Médico	O médico interage com os casos de uso que irão demonstrar a manipulação das imagens.
3	Cadastrar tópico	Médico	O médico interage com os casos de uso que irão demonstrar o cadastro de tópicos, bem como a consulta destes tópicos baseada em critérios (período, título e médico solicitante).
4	Cadastrar mensagem	Médico	O médico interage com os casos de uso que irão demonstrar o cadastro de mensagens, bem como a consulta e alteração destas mensagens.
5	Associar imagens a tópico ou mensagem	Médico	O médico interage com os casos de uso que irão demonstrar a associação de imagens aos tópicos ou mensagens.
6	Cadastrar e consultar anotação	Médico	O médico interage com os casos de uso que irão registrar as anotações associando às imagens e posteriormente consultá-las.
7	Cadastrar usuário	Administrador	O administrador interage com os casos de uso referentes à criação, atualização de consulta de todos os usuários que acessam o sistema.
8	Associar usuário ao papel	Administrador	O administrador interage com os casos de uso referentes à associação, atualização de consulta de privilégios aos usuários do sistema.

Quadro 4 – Especificação dos casos de uso

Nota: Elaboração própria

A figura 8 mostra os principais casos de uso do sistema e a interação dos atores *médico* e *administrador* com o sistema.

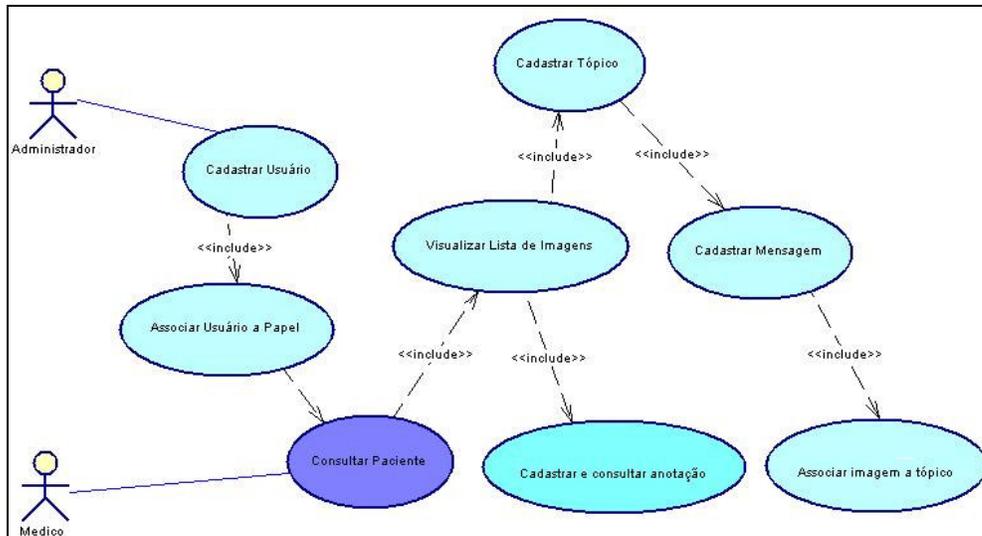


Figura 8 – Diagrama de caso de uso – Principais casos de uso

3.2.1.1 Ator Médico: Visualizar Imagem

Na atividade de visualizar imagem, o médico inicia a pesquisa de paciente informando o critério (nome do paciente, por exemplo), seleciona a opção *Pesquisar* e obtém todos os pacientes de acordo com o critério informado. Em seguida, ele seleciona o paciente e a opção *Visualizar Imagens*, e o sistema exibirá todas as imagens do paciente. O Quadro 5 lista a especificação dos casos de uso que compõem a consulta e visualização das imagens.

Caso de Uso	Descrição do caso de uso
Pesquisar paciente	O médico pesquisa determinado paciente, de acordo com os critérios desejados.
Visualizar lista de pacientes	O médico visualiza a relação de pacientes, de acordo com o critério informado.
Visualizar Imagens de paciente	O médico visualiza as imagens, de acordo com os seus parâmetros de consulta.
Visualizar Próximas Imagens	Caso o exame do paciente seja composto por muitas imagens, o sistema irá paginar, mostrando 16 imagens por página.

Quadro 5 – Especificação de caso de uso – Visualizar imagem

Nota: Elaboração própria

A figura 9 mostra a interação do ator médico com os casos de uso, desenvolvidos em UML.

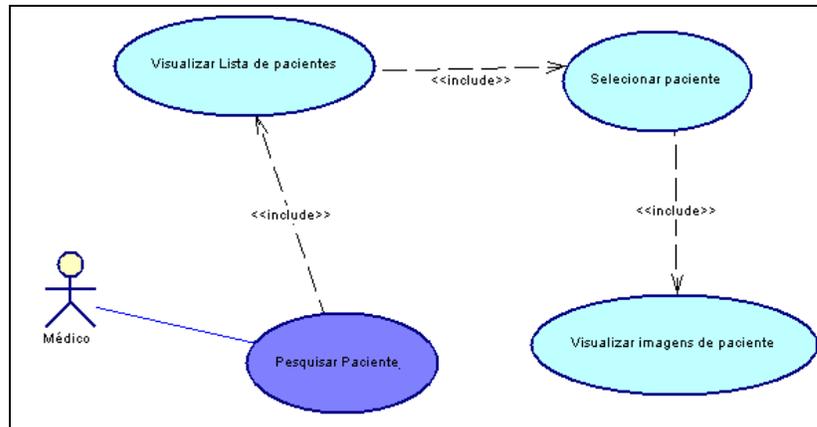


Figura 9 – Diagrama de caso de uso - Consultar e visualizar imagem

3.2.1.2 Ator Médico: Manipular imagem

Após identificar as imagens do paciente, o médico poderá realizar operações de manipulação, tais como: *zoom* (aumento), rotação e contraste. O caso de uso mostrado na figura 10 contempla estas funcionalidades.

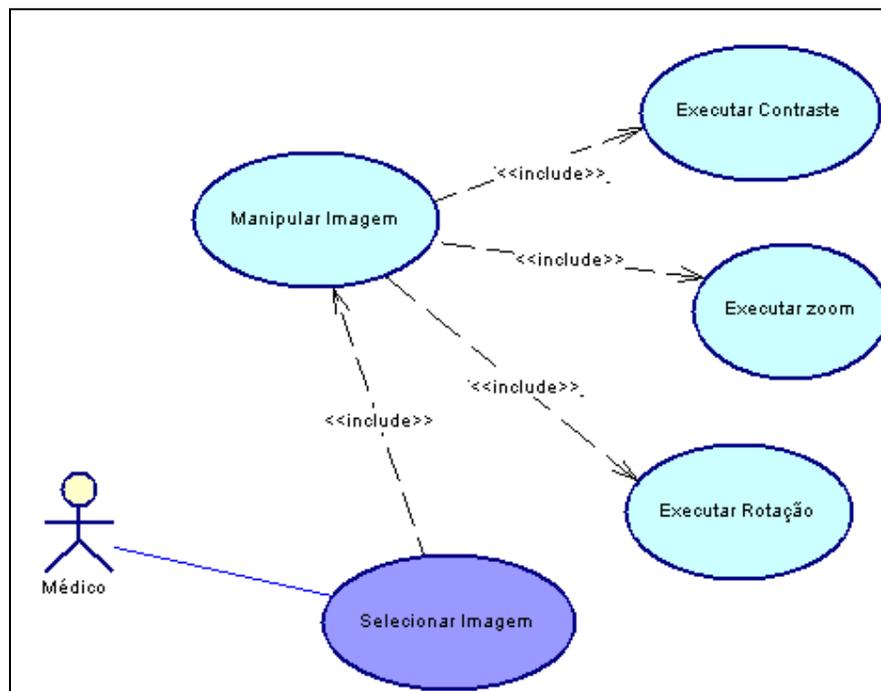


Figura 10 – Diagrama de caso de uso – Manipular imagem

O Quadro 6 lista a especificação dos casos de uso que compõem as funcionalidades relacionadas à manipulação de imagem.

Caso de Uso	Descrição do caso de uso
Selecionar imagem	Através da interface, o médico seleciona a imagem que deseja manipular.
Executar rotação	Através da interface, o médico seleciona a imagem e a funcionalidade de rotação.
Executar zoom	Através da interface, o médico seleciona a imagem e seleciona a região que deseja ver de forma ampliada.
Executar contraste	Através da interface, o médico seleciona a imagem e a funcionalidade de contraste.

Quadro 6 – Especificação de caso de uso – Manipular Imagem

Nota: Elaboração própria

3.2.1.3 Ator Médico: Cadastrar tópico

Este tópico apresenta um diagrama de caso de uso no qual o médico interage com os casos que irão dar início aos tópicos da discussão. Ao realizar o cadastro do tópico, o médico deverá preencher os campos: título, tipo e médico solicitado (podendo ser qualquer usuário do sistema). O *Fórum* é composto da criação destes tópicos.

O Quadro 7 lista a especificação dos casos de uso que compõem o cadastro de tópicos.

Caso de Uso	Descrição do caso de uso
Cadastrar tópico (Segunda Opinião ou Estudo de Caso)	O médico cadastra um tópico associado a uma imagem, podendo ser este do tipo Segunda Opinião ou Estudo de Caso.
Alterar ou desativar tópico	Após o cadastramento do tópico, o médico pode desativar ou alterar, deste que este ainda não tenha nenhuma imagem ou mensagem associado.

Quadro 7 – Especificação de caso de uso – Cadastrar tópico

Nota: Elaboração própria

A figura 11 mostra a interação do ator médico com os casos de uso associados ao cadastro de tópico.

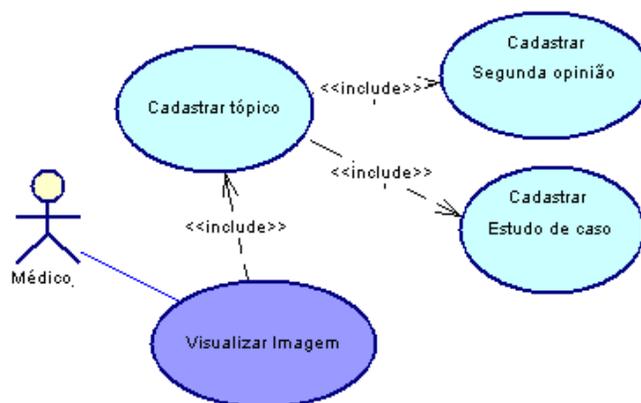


Figura 11 – Diagrama de caso de uso – Cadastrar tópico

3.2.1.4 Ator Médico: Cadastrar mensagem

Este item apresenta um diagrama de caso de uso referente às respostas aos tópicos, onde o médico irá responder com de mensagens, através da ação *Cadastrar*, em seguida selecionando o tópico e informando a descrição da mensagem e posteriormente a opção *Gravar Mensagem*.

O Quadro 8 lista a especificação dos casos de uso que compõem o cadastro de mensagens, podendo ser estas do tipo *segunda opinião* ou *estudo de caso*.

Caso de Uso	Descrição do caso de uso
Selecionar tópico (Segunda Opinião ou Estudo de Caso)	O médico seleciona um tópico, podendo ser este do tipo <i>Segunda Opinião</i> ou <i>Estudo de Caso</i> e em seguida responde a este através de mensagens.
Cadastrar mensagem	O médico irá descrever o conteúdo da mensagem, dando continuidade ao fórum de discussão.

Quadro 8 – Especificação de caso de uso – Cadastrar mensagem

Nota: Elaboração própria

A figura 12 mostra a interação do ator *médico* com os casos de uso associados ao cadastro de mensagem.

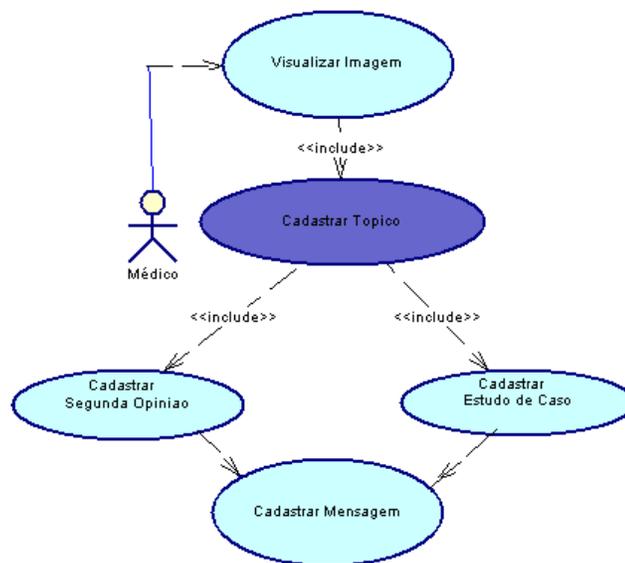


Figura 12 – Diagrama de caso de uso – Cadastrar mensagem

3.2.1.5 Ator Médico: Associar imagem a tópico ou mensagem

Apresenta um diagrama de caso de uso referente à associação de imagens aos tópicos ou mensagens que constituem o *Fórum*. O ator *médico* seleciona o tópico que deseja associar a imagem, em seguida o sistema irá exibir a visualização de todas as imagens associadas ao exame do paciente. A partir das imagens exibidas o médico seleciona uma ou mais imagens de acordo com os seus critérios. Em seguida, ele seleciona a opção *Associar Imagens*, vinculando uma ou mais imagens ao tópico desejado. Para cada tópico que compõe o *Fórum*, o médico poderá associar imagens de exames diferentes de um mesmo paciente, ou ainda imagens de pacientes distintos.

O Quadro 9 lista a especificação dos casos de uso que compõem a consulta e visualização das imagens.

Caso de Uso	Descrição do caso de uso
Pesquisar tópico	O médico pesquisa determinado tópico, de acordo com os critérios desejados.
Visualizar lista de tópicos	O médico visualiza a relação de tópicos, de acordo com o critério informado.
Associar imagens de paciente ao tópico ou mensagem	O médico seleciona a imagem e em seguida anexa ao tópico ou mensagem.

Quadro 9 – Especificação de caso de uso – Associar imagem a tópico

Nota: Elaboração própria

A figura 13 mostra a interação do ator médico com os casos de uso, desenvolvidos em UML.

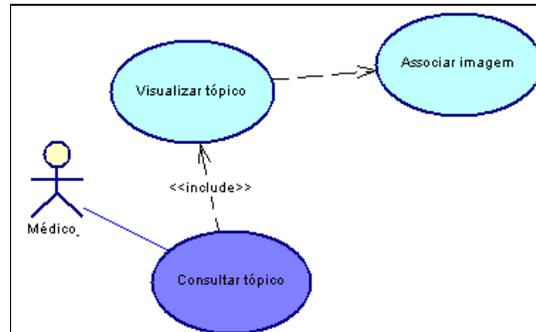


Figura 13 – Diagrama de caso de uso – Associar imagem a tópico

3.2.1.6 Ator Médico: Cadastrar e consultar anotação

Após realizar o cadastro do tópico associado a um diagnóstico de uma determinada imagem, o médico pode especificar com uma maior precisão a área da imagem a que se refere o diagnóstico. Na área selecionada da imagem, o médico poderá criar uma ou mais anotações através da seleção de termos pertencentes à ontologia. O caso de uso mostrado na figura 14 contempla alguns detalhes, tais como realizar a anotação, alterar ou desativar anotação, dentre outros.

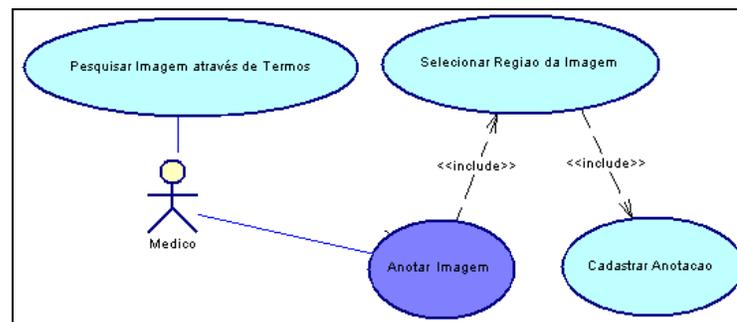


Figura 14 – Diagrama de caso de uso - Cadastrar anotação

O Quadro 10 lista a especificação dos casos de uso que compõem as funcionalidades relacionadas ao cadastro e consulta das anotações.

Caso de Uso	Descrição do caso de uso
Anotar Imagem	O médico realiza a anotação, através da seqüência de casos abaixo.
Selecionar região da Imagem	O médico seleciona determinada região da imagem para realizar a anotação, de acordo com os critérios desejados.
Cadastrar Anotação	O médico cadastra a anotação, de acordo com o termo da ontologia selecionado.
Pesquisar Imagem através de Termos	Após o cadastramento da anotação, o médico pode localizar uma imagem, através do termo que foi anotado.

Quadro 10 – Especificação de caso de uso – Cadastrar anotação

Nota: Elaboração própria

3.2.1.7 Ator Administrador: Gerenciar segurança

O usuário *administrador* é responsável por realizar o cadastramento de todos os usuários que poderão acessar o sistema, através da seleção da opção *Novo Usuário*, e posteriormente informar os dados pessoais do médico. Através deste cadastro é possível controlar e registrar o acesso de cada usuário ao sistema, bem como atribuir funcionalidades do sistema, através da associação do médico ao papel (*principal*). É permitido remover um ou mais usuários, desde que este não esteja associado a um papel. Além disto, a hierarquia de papéis permite construir uma cadeia de especializações para responsabilidades (papéis de aplicação), permitindo que um papel herde as permissões associadas a um outro papel.

O controle do papel do usuário de permitir (*permission*) o acesso a solicitação é também gerenciado pelo *administrador*. Estas permissões podem ser agrupadas em domínios (*domain*). A figura 15 mostra este caso de uso, desenvolvido em UML.

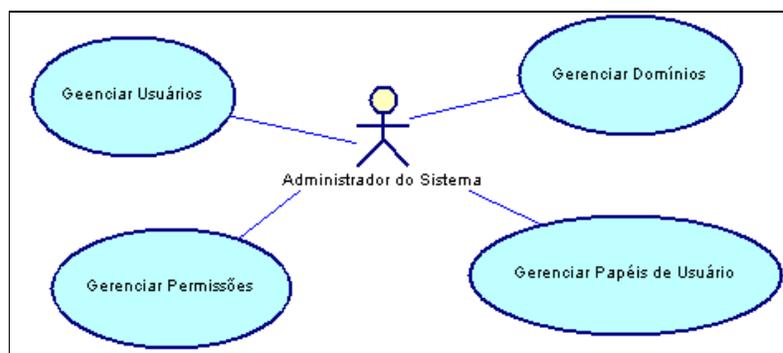


Figura 15 – Diagrama de caso de uso – Gerenciar segurança

3.3 ETAPA2: ESPECIFICAÇÃO NÃO FUNCIONAL

Do ponto de vista tecnológico, os sistemas voltados para a área de saúde exigem soluções confiáveis, ágeis e eticamente fundamentadas. Isso impõe requisitos rigorosos de processamento, armazenamento, visualização e transmissão de dados. Visando contemplar estes requisitos, foram estabelecidos os seguintes aspectos:

- a) Confiabilidade: por se tratar de um sistema direcionado a uma área crítica, este requer disponibilidade de forma ininterrupta das imagens dos pacientes, bem como todas as informações armazenadas. Com isto, foram aplicadas técnicas de severidade de falhas de sistema e redundância de servidores.
- b) Tempo de resposta: o dinamismo da área medica exige um tempo de resposta “aceitável” para disponibilizar e armazenar as informações. Para isto, a arquitetura do sistema deverá ser desenvolvida de forma que o tempo necessário para carregar as imagens DICOM através da Web não seja demorado. A mensuração deste requisito será aferida na etapa de avaliação e testes do sistema.
- c) Controle de acesso: como requisito vinculado à ética médica os usuários não autorizados não podem ter acesso às informações, devem existir mecanismos que evitem a perda dos dados e que impeçam a alteração destes por usuários não autorizados. Deverá ser instalado um certificado digital no servidor de aplicação, para que seja garantida a segurança de acesso às informações através do servidor.
- d) Restrições de hardware e software: o sistema estará adequado a funcionar na plataforma Windows ou Linux, no servidor e nos clientes. Neste último, será requerida a instalação da JRE (Java Runtime Environment) para o carregamento da applet. O banco de dados adotado para o armazenamento das informações foi o MySQL.

No Quadro 11 são apresentados os requisitos não funcionais do sistema, assim como uma breve descrição dos mesmos.

Requisitos não Funcionais	
R – 01	O sistema deverá seguir a filosofia de re-utilização de ferramentas com código fonte aberto e de uso livre.
R – 02	O sistema será desenvolvido em uma linguagem que não exija recursos de desenvolvimento de caráter proprietário.
R – 03	O sistema deverá conter uma interface bastante simples de utilizar.
R – 04	O sistema deve estar disponível 24 horas por dia, ininterruptamente.
R – 05	O sistema poderá ser acessado e utilizado através de qualquer lugar, desde que o computador possua acesso a Internet e utilize um <i>browser</i> para acessar a URL do sistema.
R – 06	O sistema deverá ser implementado na linguagem Java padrão J2EE.
R – 07	O sistema deverá utilizar o banco de dados MySQL.
R – 08	O banco de dados deve ter estrutura suficiente para o armazenamento de grande quantidade de imagens.
R – 09	O ambiente deve oferecer <i>firewall</i> para evitar o acesso de hackers. No que se refere à transmissão de dados, uma camada de criptografia deve ser implementada.
R – 10	O servidor deve possuir uma infra-estrutura capaz de oferecer velocidade para suportar o acesso simultâneo de vários usuários.
R – 11	A plataforma do servidor e dos clientes poderá ser <i>Windows</i> ou <i>Linux</i> .
R – 12	Deverá ser instalado o JRE nos computadores clientes, Para o carregamento das funcionalidades que utilizam <i>applet</i> .
R – 13	Seguindo uma das normas da SBIS, para que a informação seja acessada de forma segura deverá ser instalado um certificado digital no servidor da aplicação.
R – 14	O sistema deverá ter uma arquitetura robusta o suficiente para garantir o acesso de 500 usuários acessando simultaneamente.
R – 15	A arquitetura do sistema deverá ser extensível a integração de novos componentes.
R – 16	O tempo para carregar cada imagem DICOM não deverá ultrapassar de 30 segundos (critério médico).
R – 17	O servidor deverá ter no mínimo 8 Gb de memória RAM para suportar o serviço do servidor de aplicação.
R – 18	O servidor do banco de imagens DICOM deverá ter no mínimo 500 Gb.
R – 19	A rotina de <i>backup</i> deverá ser realizada 3 vezes durante o dia, em períodos intercalados.

Quadro 11 – Requisitos não funcionais do sistema

Nota: Elaboração própria

O acesso através de um navegador Web irá possibilitar que os médicos acessem as imagens DICOM por meio de qualquer computador interligado à Internet.

A opção pela plataforma Java é justificada pelas vantagens proporcionadas pela orientação a objetos, portabilidade de código, facilidade de integração com diversos ambientes, facilidade para serialização de objetos e independência de plataforma. Esta última vantagem possibilita que a aplicação funcione em qualquer tipo de sistema operacional, tanto no cliente quanto no servidor.

A reutilização de ferramentas com o código fonte aberto, além de tornar o desenvolvimento com um custo baixo pelo fato de ser gratuito, ainda facilita a inclusão e adaptação de novas funcionalidades.

A interface do *Health-Image* é bastante interativa e gira em torno de intenções que refletem a prática das atividades diagnósticas do médico, não se restringindo a questões de acabamento e sofisticação.

3.4 ETAPA 3: DEFINIÇÃO DA ARQUITETURA E IMPLEMENTAÇÃO

O desenvolvimento utilizou técnicas de análise e projeto baseadas no paradigma da orientação a objetos. Estas técnicas possibilitam a reutilização de *software*, incrementando a produtividade na construção do aplicativo, além de prover uma forma mais natural e intuitiva de projetar o sistema.

A arquitetura do sistema *Health-Image* foi dividida em quatro componentes listados a seguir, apresentados de forma genérica na Figura 16:

- a) Componente A: Aquisição de imagens;
- b) Componente B: Visualização e Manipulação de imagens;
- c) Componente C: Segurança;
- d) Componente D: Anotação e Recuperação de Imagens.

O *componente A* é responsável pelo recebimento e armazenamento das imagens através de fontes externas (equipamentos de realização de exames).

Ele se comunica com o banco de dados do servidor DICOM para armazenar as imagens.

Estas imagens são disponibilizadas e para a manipulação e visualização através do *componente B*.

O controle de acesso de usuários, através da autenticação e controle de privilégios, é realizado através do *componente C*.

Através do *componente D*, são realizadas as anotações nas imagens de forma padronizada e a recuperação destas imagens com base na semântica de seus conteúdos.

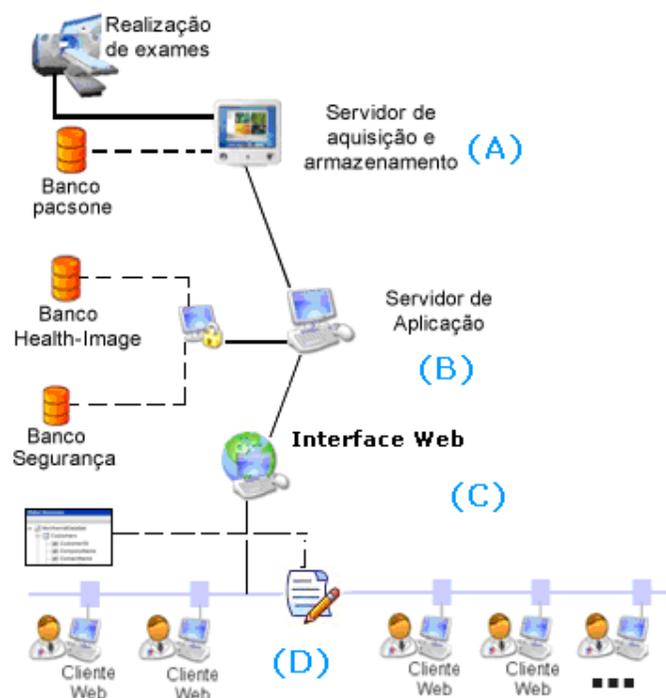


Figura 16 – Arquitetura genérica do *Health-Image*

Os tópicos a seguir, detalham cada um destes componentes da arquitetura, bem como a forma que foi dada à implementação.

Devido às vantagens proporcionadas pela orientação a objetos, portabilidade de código e facilidade de integração com diversas ferramentas de

código fonte abertos disponíveis em Java, tornou-se natural a escolha desta linguagem para a implementação.

Além de adotar a filosofia de reutilização, o *Health-Image* é totalmente *Web*, sendo esta uma das suas principais vantagens. O desenvolvimento utiliza algumas ferramentas *freeware*⁶, como:

- a) JBoss (2002): é um servidor de aplicação de código fonte aberto, baseado na plataforma J2EE.
- b) Eclipse (2004): é uma plataforma (IDE) Java, focado no desenvolvimento de aplicações de *software*.
- c) *Struts* (2005): é um *framework* estruturado para facilitar o desenvolvimento *Web* através de padrões.
- d) *Hibernate* (2006): é um *framework* desenvolvido em Java, baseado no modelo orientado a objeto, que necessita utilizar um banco de dados no modelo relacional para realizar o mapeamento objeto-relacional. Usando o *hibernate*, não é necessário muito código para acesso ao banco de dados.

3.4.1 Componente A: Aquisição de Imagens

O componente de aquisição é responsável pela recepção (*ingest*) das imagens no padrão DICOM a partir de fontes externas. O estudo deste componente foi baseado na avaliação da forma de comunicação e armazenamento das imagens do servidor DICOM. Para a aquisição, foi adotada a versão *PACSOne Basic* (2003), sendo este servidor responsável por receber e armazenar adequadamente as imagens de fontes externas. O componente utiliza um banco de dados relacional para armazenar as imagens e suas informações associadas. A comunicação entre o serviço de aquisição e o aparelho de realização de exames está baseada na identificação do servidor, através da configuração feita quando da instalação do *PACSOne*.

⁶ Termo utilizado para programas de uso gratuito e não necessariamente com o código fonte disponível. Pode ser copiado e distribuído mesmo sem o conhecimento do seu produtor.

O PACSOne Basic utiliza o banco de dados MySQL. Como este servidor DICOM funciona com base no servidor de aplicação Web Apache HTTP Server versão 1.3.33 (código fonte aberto), tornou-se necessário a prévia instalação no servidor de aquisição de imagens médicas.

Foi necessário realizar um estudo do modelo relacional (exibido no diagrama da figura 17), para tornar possível a manipulação de imagens em outra etapa deste projeto. De acordo com o modelo, um paciente pode ter vários estudos, que por sua vez pode ser composto de várias séries que estão associadas a um conjunto de imagens.

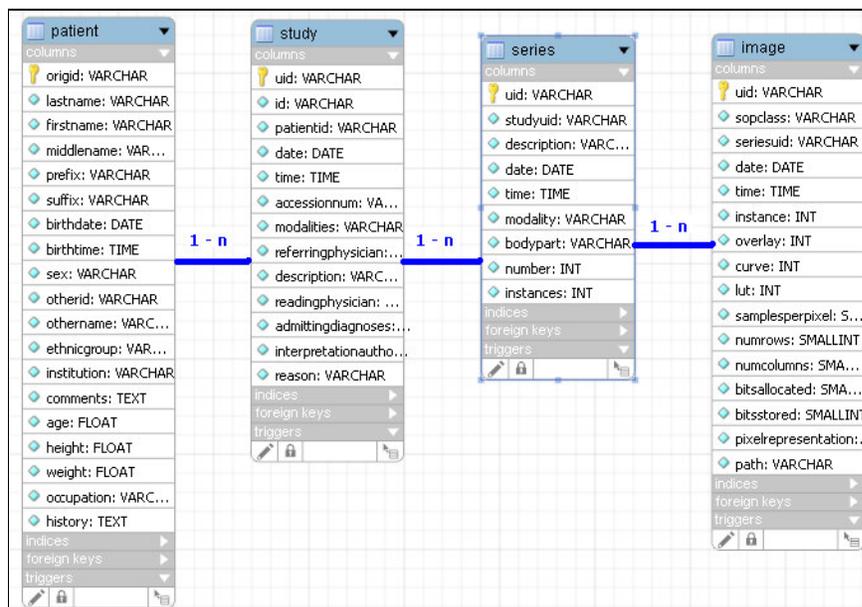


Figura 17 – Diagrama das principais tabelas do PACSOne

3.4.2 Componente B: Visualização e Manipulação de Imagens

As funcionalidades que compõem o componente de visualização e manipulação de imagens realizam ações que facilitam o diagnóstico, como: zoom (aumento), rotação e contraste das imagens e fórum de discussão baseado em estudo de caso e segunda opinião para realizar a interação e cooperação entre os médicos.

O DICOM Viewer, um visualizador *freeware* desenvolvido pelo Instituto de Tecnologia de Nagoya, no Japão, foi adaptado ao ambiente *Web* para que pudesse atender as necessidades do projeto. Além da visualização, ele contempla algumas funcionalidades, como:

- a) Rotação: possibilita a visualização da imagem em diferentes ângulos;
 - b) Aumento (*zoom*): possibilita o aumento ou diminuição de uma parte selecionada na imagem. Proporciona uma melhor análise em estruturas de difícil visualização;
 - c) Contraste: torna mais fácil a percepção visual da imagem em relação a critérios subjetivos ao olho nu.
- a) A figura 18 mostra uma imagem DICOM sendo visualizada através do DICOM Viewer.

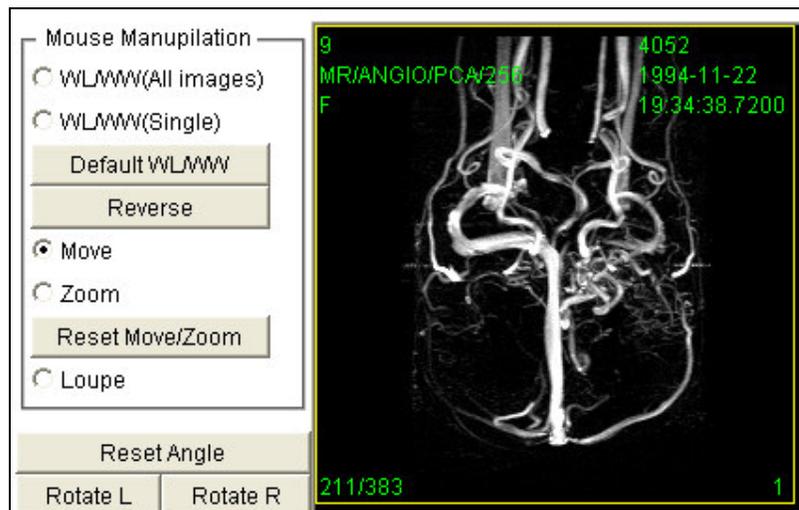


Figura 18 – Visualização de imagem médica através do DICOM Viewer

3.4.2.1 Fórum de Discussão

O Fórum de discussão é uma funcionalidade disponibilizada através do *componente B*, e tem como objetivo permitir a interação entre médicos através de troca de comunicação. Consiste em uma forma cooperativa e interativa dos

médicos se comunicarem, tomando como foco principal o compartilhamento de conhecimento acerca das imagens médicas.

Foi desenvolvido um módulo fórum, onde o *usuário médico* poderá criar tópicos, que serão respondidos através de mensagens, iniciando assim a discussão. Este módulo é regido pelos seguintes princípios:

- a) Tópicos da modalidade *Estudo de Caso*: todos os usuários do sistema poderão visualizar este tópico e postar mensagens nele. Somente o usuário que postou o tópico terá acesso para editar ou suspender.
- b) Tópicos da modalidade *Segunda Opinião*: somente os usuários solicitante e solicitado (em relação à segunda opinião), poderão visualizar e responder este tópico.

No sistema, o usuário pode anexar uma, ou mais de uma, imagem ao tópico. Este tópico deverá estar associado a um tipo (*Segunda Opinião* ou *Estudo de Caso*). Várias mensagens poderão ser postadas para este tópico, constituindo o fórum, que servirá também como histórico para auxiliar nos próximos diagnósticos.

3.4.3 Componente C: Segurança

O componente de segurança é responsável pelo controle de acesso, assegurando que os usuários não autorizados acessem as informações ou realizem operações sem a prévia autorização.

A disseminação de sistemas informatizados na área de saúde requer cuidados específicos no que diz respeito à segurança das informações, uma vez que a privacidade das informações é um dos direitos fundamentais do paciente.

O Código de Ética Médica cita a necessidade de sigilo por parte do corpo clínico em relação à confidencialidade das informações (KOBAYASHI; FURUIE, 2005). Por sua vez, processos de certificação de *software* específicos para a área de saúde devem ser considerados para impedir que pessoas não autorizadas tenham acesso ou modifiquem as informações geradas. Neste

projeto, foram adotados os requisitos do processo de certificação de segurança propostos pela SBIS e pelo CFM.

Os seguintes mecanismos são necessários para garantir a segurança:

- a) Autenticação: é o processo pelo qual uma identidade de uma pessoa é identificada;
- b) Autorização: é a associação de uma identidade a uma lista de privilégios;
- c) Auditoria: é o processo de assegurar que as ações sejam registradas no intuito de identificar a identidade de eventos suspeitos;
- d) Confidencialidade: é a necessidade de proteger as informações para que as mesmas não sejam vistas indiscriminadamente;
- e) Integridade: é o processo de garantir que as informações não serão alteradas por identidades não autorizadas;
- f) Disponibilidade: é o processo de tornar o sistema disponível para identidades autorizadas.

É necessário existir um usuário *administrador* para definir quais as funcionalidades disponíveis que possam ser associadas a cada usuário. Este acesso poderá ser concedido a grupos de usuários, que estarão associados a papéis, de acordo com as suas necessidades de interação com o sistema.

3.4.3.1 Implementação da Segurança – Controle de Acesso

O *jGuard* é um *framework* que visa prover segurança em aplicações *Web*. Possui código fonte aberto e foi desenvolvido na linguagem Java, com base no *framework* JAAS (*Java Authentication and Authorization Service*). Possui uma arquitetura abrangente, sendo desenvolvido para dar suporte a segurança de várias aplicações simultaneamente.

O componente de segurança do *Health-Image* foi implementado com base no *jGuard*, sendo necessário realizar adaptações deste de acordo com as necessidades requeridas pelo sistema.

O Quadro 12 mostra as entidades que compõem o *jGuard*, bem como suas respectivas funcionalidades.

Entidade	Descrição
Principal	Principal é um papel, uma responsabilidade que um usuário pode ter associada a ele. O Principal define as responsabilidades, ou seja, o que o usuário é permitido a fazer.
User	User é um usuário que pode possuir dados associados (Credential e Principal).
App Principal	App Principal é um papel utilizado pelas aplicações. As permissões associadas a um papel de um usuário são acessíveis a todos os usuários (subjects) que possuem acesso, diretamente ou indiretamente à permissão.
Domain	Domain é um agrupamento de permissões (permission).
Permission	Permission é a permissão para cada recurso do sistema.
Credential	São os dados pertencentes ao usuário.

Quadro 12 – Entidades que compõem o jguard

Nota: Elaboração própria

Os mecanismos de segurança possibilitam restringir o acesso a funcionalidades da aplicação, em função das permissões concedidas ao usuário. A arquitetura do módulo de segurança contempla uma camada de controle de acesso voltada para aplicações JEE (1995), sendo esta responsável pela validação de segurança de todas as operações realizadas.

No modelo do *jGuard*, a entidade *principal* representa uma responsabilidade que pode ser atribuída ao usuário (*user*). Este usuário possui atributos (como nome, senha, etc.) que são representados no modelo pela entidade *credential*.

O conjunto de funcionalidades é agregado em um domínio, que por sua vez pode ser dos tipos: (i) Público: todos os recursos do sistema devem estar acessíveis, sem exigir que o usuário esteja autenticado; (ii) Restrito: todos os recursos que devem ter o acesso controlado e; (iii) Auditado: implementa o que tiver restrito, além de auditar todas as ações dos usuários.

3.4.4 Componente D: Anotação e Recuperação de Imagens

O componente de anotação é responsável por prover a funcionalidade de permitir a associação de palavras-chave a determinadas regiões integrantes das imagens de forma padronizada. Cada imagem está relacionada a um arquivo de metadados, que armazenada as informações sobre seu conteúdo. Assim, pode-se dizer que esse componente tem como principal foco a

recuperação de imagens baseada na semântica de seus conteúdos (as palavras-chave associadas).

3.4.4.1 Implementação da anotação e busca de imagens

O PAIS (*Personal Annotated Image Server*) é um projeto, de código fonte aberto, voltado para a anotação de imagens, desenvolvido pelo Departamento de Educação Médica do Centro Médico Universitário de Washington . O objetivo do projeto é possibilitar a associação de informações (texto livre) às imagens, possibilitando que os usuários tenham uma melhor compreensão do conteúdo da imagem, preservando os dados que as representam.

Uma anotação consiste, basicamente, na marcação (em forma de polígono fechado) da região da imagem selecionada conectada a um rótulo contendo as informações anotadas. Estas informações anotadas são armazenadas em um arquivo, no formato de linguagem de marcação de imagens (IML), linguagem lançada pela W3C, que contém um apontador para a imagem anotada.

O formato IML (2000) é um modelo desenvolvido em XML, para exprimir as anotações textuais de imagens de forma espacial. O modelo consiste em um frame que oferece a marcação representada através de cores distintas acerca de uma região, onde o texto livre (*label*) está associado à coordenadas vetoriais na imagem (*center*) que formam uma região (*outline*). A figura 19 representa um arquivo com os elementos que compõem a IML.

```

<Frame image="http://localhost:8080/healthImage/67878308_miniautura">
  <Colors string_color="YELLOW" outline_color="YELLOW" pin_color="YELLOW" />
  <Region type="STRUCT" id="1">
    <label>Parcial</label>
    <center>
      <pt x="137" y="97" />
    </center>
    <outline>
      <pt x="124" y="92" />
      <pt x="122" y="100" />
      <pt x="123" y="109" />
      <pt x="144" y="83" />
      <pt x="136" y="79" />
      <pt x="126" y="79" />
    </outline>
  </Region>
</Frame>

```

Figura 19 – Arquivo contendo elementos da IML

No *Health-image*, foi utilizado o PAIS como auxílio para a criação de anotações. Como a forma de anotações implementada, no PAIS, não atendia as necessidades desta pesquisa, por ser em forma de texto livre, foi necessário realizar uma adaptação a uma forma de anotação baseada em um domínio formalizado através de uma ontologia.

Neste trabalho, a anotação consiste em associar termos de uma ontologia de domínio (apresentada na próxima seção) às imagens. Através de funcionalidades disponibilizadas pelo *componente D* é possível adicionar, remover e alterar anotações. Além disto, o componente é capaz de realizar buscas de imagens através dos termos que foram anotados. Cada imagem pode ser associada a uma, ou a mais de uma anotação, composta de termos definidos na ontologia de domínio.

A anotação baseada nesta ontologia consiste, basicamente, na atribuição de um ou mais termos a uma determinada parte da imagem. Por sua vez, o mecanismo de buscas destes termos anotados irá procurar em um conjunto de arquivos IML as palavras-chave que foram associadas às imagens, de acordo com os termos da ontologia informados pelo usuário. No intuito de otimizar as buscas através dos termos da ontologia (palavra-chave), foi utilizada a interface de programação de aplicativos (API) *Apache Lucene*, como forma de indexação dos arquivos IML que contém as anotações.

3.4.4.2 TEPonto: Ontologia para diagnóstico do TEP

O *Protégé* é um editor de ontologias desenvolvido pela *Stanford Medical Informatics*. No seu projeto original, era uma ferramenta de aquisição de conhecimento limitada a atender a especialidade de Oncologia, através do projeto Oncocin (GENNARI, 2003). Aos poucos, a ferramenta foi se adaptando a atender a especialistas de qualquer domínio.

O Protégé possibilita o desenvolvimento de ontologias na linguagem voltada para Web (OWL). A OWL é uma linguagem lançada pela comunidade W3C com a finalidade de atender as aplicações para a Web Semântica. O intuito da OWL é representar explicitamente os significados de termos em vocabulários e as relações entre eles.

Para a realização de anotações de forma padronizada, foi desenvolvida uma ontologia de domínio (denominada TEPonto) voltada para o diagnóstico do TEP. A criação desta ontologia foi baseada em uma diretriz, com apoio do Serviço de Pneumologia do HSI e sua implementação foi feita sobre o Protégé.

A figura 20 representa as partes mais importantes que compõem a ontologia, onde foram definidos:

- a) Class: a classe *Diagnóstico* contempla as subclasses *DiagnósticoNaoProvavelTEP* e *DiagnósticoProvavelTEP*;
- b) Properties: o objeto *tipoObstrucao* representa uma propriedade da classe *ObstrucaoArterias*;
- c) Individuals: *Central*, *Parcial* e *Periférica* representam instancias da classe *TipoObstrucaoArteria*.

No intuito de tornar a ferramenta visual mais interativa, a integração da ontologia ao sistema *Health-Image*, foi dada através do *OWL2Prefuse* (2004), sendo este um visualizador de ontologias no formato OWL que possui bons recursos visuais.

No próximo tópico será mostrada a aplicabilidade da metodologia descrita nas seções anteriores, onde o sistema *Health-Image* será descrito detalhadamente.

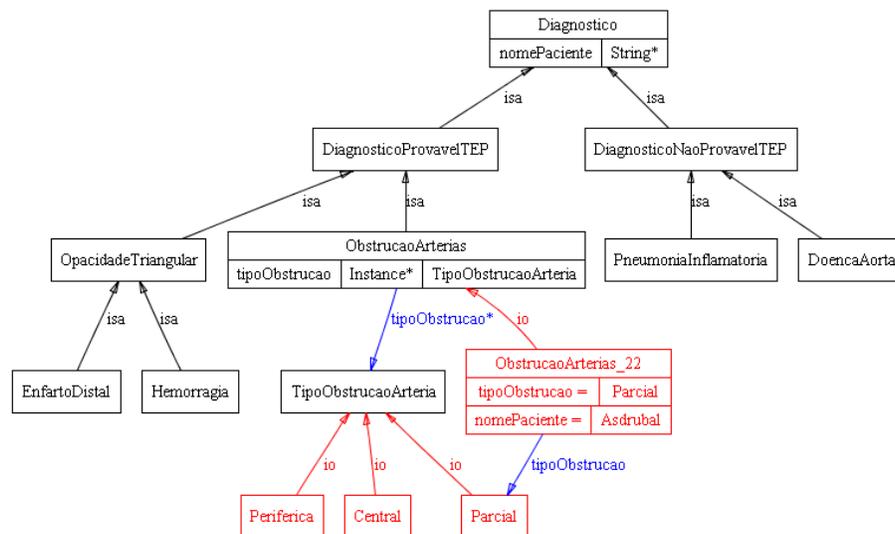


Figura 20 – Hierarquia da Ontologia TepOnto

3.4.5 Interface do *Health-Image*

A interface *Web* é uma das principais vantagens do ambiente *Health-Image*, uma vez que ela possibilita a comunicação e interação entre médicos através de qualquer navegador. Através da interface do *Health-Image*, os usuários podem, de forma interativa, trocar opiniões sobre casos de diagnósticos, realizar uma análise comparativa entre diferentes imagens que compartilham os mesmos diagnósticos, dar laudo de imagens radiológicas através de termos padronizados, manipular as imagens (através de mecanismos de *zoom*, rotação e contraste), dentre outras funcionalidades.

A interface divide o acesso ao sistema em 5 módulos: segurança, visualização e manipulação de imagens, fórum de discussão, anotação de imagens e mural de avisos.

A figura 21 mostra a estrutura de menu com os módulos do *Health-Image*, para um usuário médico. Após a autenticação no sistema, caso o usuário seja

do tipo *administrador*, o item de menu segurança será acrescentado aos demais, conforme mostra a figura 22.



Figura 21 – Estrutura do menu do Health-Image (papel médico)

Para que seja dado o acesso aos módulos do sistema é necessário que o usuário (*médico* ou *administrador*) esteja previamente cadastrado através de um identificador único (número do registro no CFM), associado a uma senha e algumas informações que fazem parte do seu papel.



Figura 22 – Estrutura de menu do *Health-Image* (papel administrador)

3.4.6 Descrição dos Módulos Funcionais do Sistema

Conforme ilustrado na figura 21 a visualização do menu através do perfil de usuário *médico* contempla quatro módulos⁷ principais:

- a) **Mural de avisos** – este módulo implementa a funcionalidade “mural de avisos”;
- b) **Imagens de pacientes** – este módulo implementa os seguintes módulos: “visualizar imagens”, “manipular imagens” e “anotar imagens”;
- c) **Fórum de discussão** – este módulo implementa a funcionalidade “fórum de discussão”;
- d) **Anotação e busca de imagens** – este módulo implementa a funcionalidade “busca de imagens através de conteúdo”;
- e) **Segurança** – A visualização do módulo de segurança, descrita a seguir, é dada somente quando a autenticação é realizada pelo usuário *administrador*. Este módulo só é visualizado pelo usuário que possui o papel de administrador do sistema. Implementa os seguintes módulos: “usuários”, “papéis”, “conexão”, “papéis da aplicação”, “domínios” e “permissões”.

3.4.6.1 Módulo 1: Mural

Este módulo contempla funcionalidades que visam manter os usuários informados acerca de algumas ações que envolvem as suas atividades rotineiras, como: (i) informação que existe um novo pedido de segunda opinião, caso esta seja solicitada; (ii) informações sobre horários agendados de sessões e reuniões para determinados grupos e; (iii) informações sobre atualizações de novas funcionalidades que vierem a ser implementadas no sistema.

⁷ Parte integrante do sistema, que compõem funcionalidades inter-relacionadas.

3.4.6.2 Módulo 2 : Imagens de pacientes

Este módulo implementa as funcionalidades associadas à manipulação, visualização e anotação das imagens. Para que se compreenda o funcionamento do fluxo deste módulo é necessário avaliar a forma de interligação entre as funcionalidades que o compõem.

O módulo consiste em exibir as imagens dos pacientes de acordo com os critérios informados pelo usuário (*médico*). O sistema irá listar todos os pacientes de acordo com os parâmetros informados, como: nome, data de nascimento, unidade de internação, dentre outros. Nesta listagem de pacientes, o usuário irá marcar a opção “Visualizar Imagens”, que irá listar todas as imagens do exame do paciente selecionado, separadas através de series, conforme mostra a figura 23.

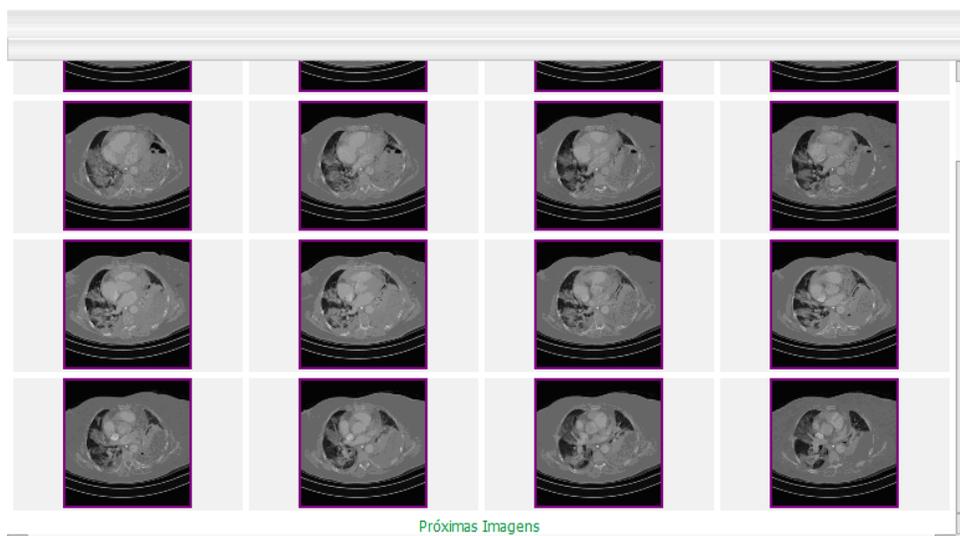


Figura 23 – Visualização das imagens no *Health-Image*

O médico tem à sua disposição todas as imagens do paciente que selecionou previamente. A partir disto, ele poderá interagir sobre uma das imagens para visualizá-la em seu tamanho original e manipulá-la para obter uma melhor análise em estruturas de difícil visualização. Algumas

funcionalidades estão inseridas neste contexto, como: *zoom*, rotação e contraste. A figura 24 mostra estas opções de manipulação.

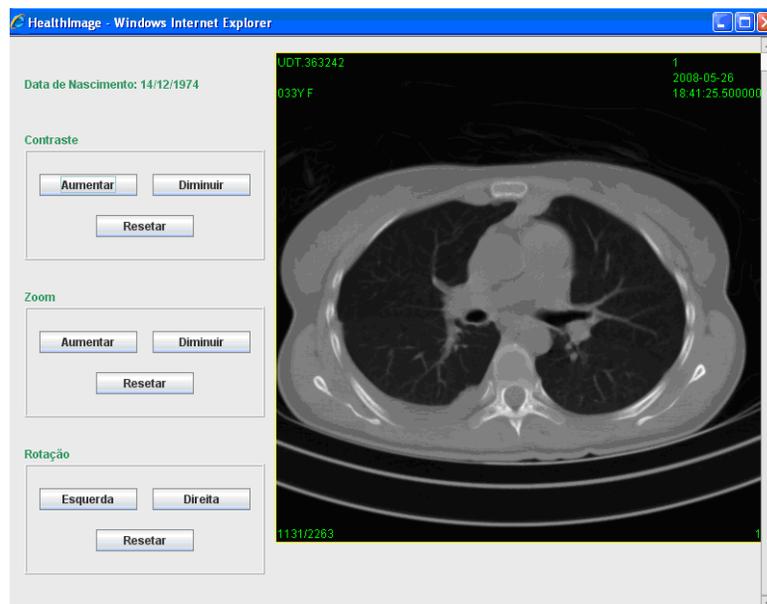


Figura 24 – Funcionalidades de manipulação da imagem DICOM

3.4.6.3 Módulo 2 : Fórum

Após o usuário selecionar a imagem para visualização e manipulação, ele poderá criar um tópico associado à imagem selecionada, e anexar mais imagens ao mesmo tópico, caso julgue necessário. Os tópicos podem ser dos tipos:

- a) **Segunda opinião** – caso o médico deseje solicitar uma opinião diagnóstica a outro profissional. Neste caso, o médico irá registrar um tópico, selecionando a opção segunda opinião e o médico a quem se destina aquele pedido de segunda opinião. O médico quem foi solicitado irá responder ao tópico através de uma mensagem, e respostas sucessivas irão compor o fórum de discussão.
- b) **Estudo de caso** – caso o médico deseje compartilhar um caso com todos os profissionais que estão envolvidos com a assistência do paciente ou não. Neste caso, todos os médicos cadastrados no sistema (com permissão à funcionalidade fórum) poderão responder ao tópico

através de uma mensagem, e respostas sucessivas de quaisquer médicos irão compor o fórum de discussão.

Os Quadros 13 e 14 mostram, respectivamente, o controle de segurança que rege este módulo, para a segunda opinião e estudo de caso.

USUÁRIO	ALTERAR/SUSPENDER (SEGUNDA OPINIÃO)	VISUALIZAR/RESPONDER (SEGUNDA OPINIÃO)
Administrador	Não	Não
Médico solicitante	Sim	Sim
Médico solicitado	Não	Sim
Demais usuários	Não	Não

Quadro 13 – Controle de segurança – Segunda opinião

Nota: Elaboração própria

USUÁRIO	ALTERAR/SUSPENDER (ESTUDO DE CASO)	VISUALIZAR/RESPONDER (ESTUDO DE CASO)
Administrador	Não	Sim
Médico que criou tópico/mensagem	Sim	Sim
Demais usuários	Não	Sim

Quadro 14 – Controle de segurança – Estudo de caso

Nota: Elaboração própria

A figura 25 mostra o cadastro de um tópico do tipo segunda opinião, onde o usuário deverá informar: a descrição do tópico, o tipo e a qual médico de destina aquela solicitação.

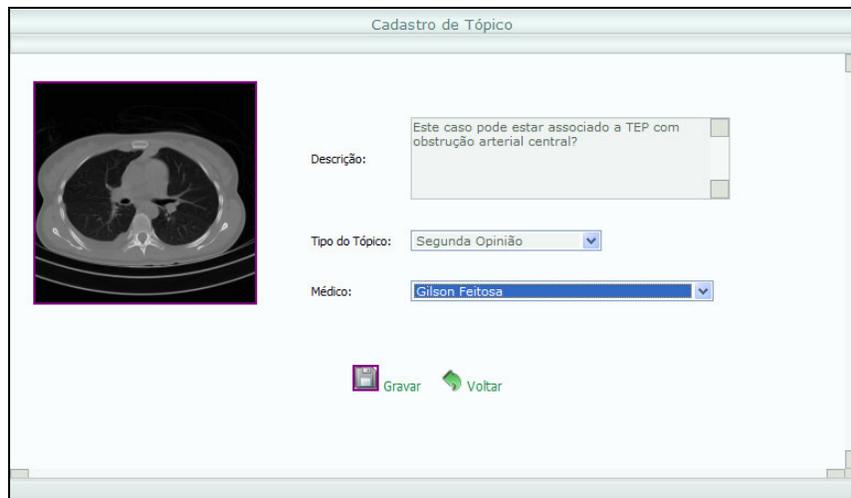


Figura 25 – Solicitação de um tópico de segunda opinião

3.4.6.4 Módulo 4: Pesquisa de Anotações

O *Health-Image* fornece um ambiente gráfico bastante intuitivo para possibilitar ao médico inserir, modificar ou remover as anotações que serão associadas às imagens. Através de uma estrutura em forma de árvore, o usuário poderá facilmente visualizar toda a ontologia e selecionar o(s) termo(s) que desejar associar à imagem. Este tipo de visualização facilita a compreensão da estrutura hierárquica da ontologia.

Este ambiente totalmente visual está baseado no conceito de visualização gráfica do OWL, descrito no capítulo 3 deste trabalho e pode ser visto com detalhes na figura 26.

Através da funcionalidade de busca de imagens é possível localizar todas as imagens que foram anotadas com determinado(s) termo(s) similares da ontologia. Em suma, além de acessar o conteúdo das anotações, é possível verificar visualmente quais regiões pertencem ao contexto de cada região contida na imagem.

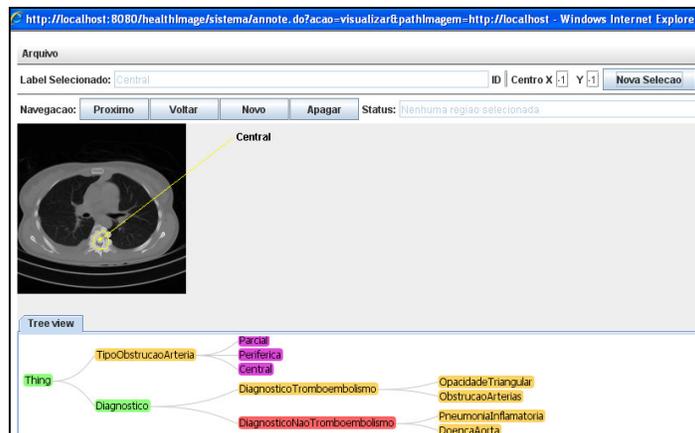


Figura 26 – Visualização gráfica da ontologia

Através destas anotações pode-se obter um ganho na conduta médica, com suporte a diversas atividades, tais como: discussão entre médicos para fazer um diagnóstico mais eficaz, ensino de medicina, comparação de casos médicos observando anotações de outros médicos, análise comparativa de imagens de pacientes distintos para futuras consultas, dentre outros. A figura 27 mostra a funcionalidade de busca de imagens através de termos.

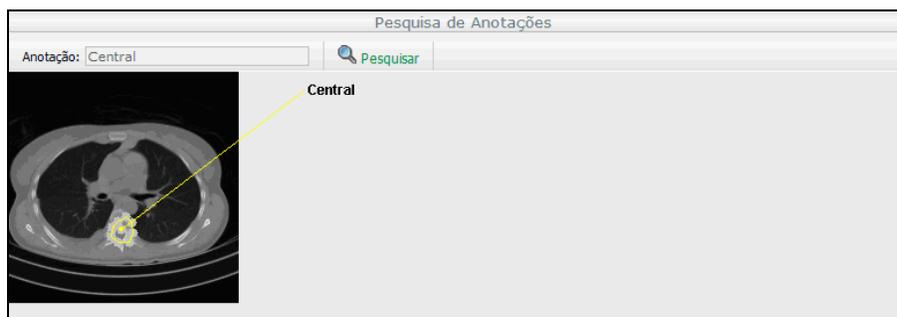


Figura 27 – Busca de Imagens através de conteúdo

3.4.6.5 Módulo 5: Segurança

Ao autenticar com o usuário do tipo *Administrador* o menu é automaticamente montado de acordo com todas as suas permissões, permitindo determinar a quais funcionalidades ou módulos da aplicação um usuário, ou grupo de usuários, deve acessar a depender do seu papel dentro

da instituição. O usuário *Administrador* tem permissões para monitorar os demais usuários, podendo inclusive suspender o seu acesso.

O controle de segurança é baseado em papéis quando da autenticação. Isto é, caso o usuário que estiver autenticando tiver um papel de *Administrador*, o menu é montado com todas as opções de segurança. Caso contrário, serão oferecidas somente as opções inerentes ao usuário *médico*.

A correta identificação do usuário é garantida através do serviço de autenticação, por meio de uma identificação pessoal⁸ e senha. A figura 28 mostra o acesso do *Administrador*, atribuindo papéis a determinado usuário.

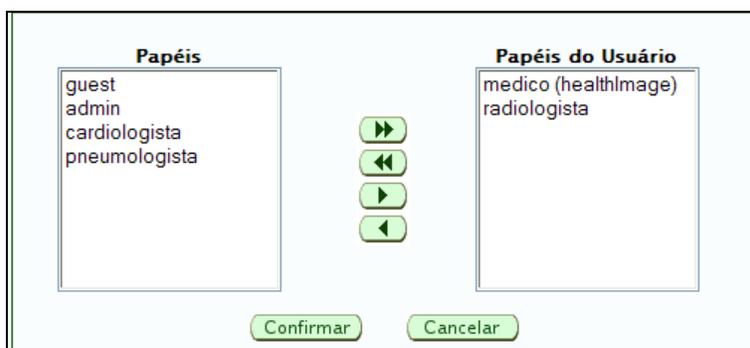


Figura 28 – Atribuição de papéis a usuário

3.5 ETAPA 4: REALIZAÇÃO DE TESTES

Até este ponto, o capítulo apresentou as etapas de desenvolvimento do sistema *Health-Image*: especificação funcional, especificação não funcional e definição da arquitetura e implementação. A etapa seguinte para a conclusão do processo de desenvolvimento é a realização de testes. Para isso, o sistema *Health-Image* foi apresentado aos médicos, como forma de validar o atendimento através dos requisitos levantados nas etapas iniciais do processo de desenvolvimento e a implementação final.

Para a avaliação do sistema foram realizados testes envolvendo o corpo clínico de médicos do HSI. Os testes foram realizados com imagens de 28

⁸ No Health-Image a identificação do médico é baseada no número do registro no Conselho Federal de Medicina.

pacientes com diagnóstico de TEP, sendo avaliados os seguintes critérios, conforme mostra a figura 29.

- a) Qualidade das imagens;
- b) Interatividade;
- c) Navegabilidade;
- d) Tempo para carregar imagens;
- e) Tempo para cadastrar informações;
- f) Funcionalidade do módulo fórum;
- g) Funcionalidade do módulo de anotação.

	Ótimo	Bom	Regular	Ruim
<input type="checkbox"/> Não Utilizei				
Qualidade das imagens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Interatividade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Navegabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Carregar Imagens (tempo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cadastro (tempo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Módulo Fórum	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Módulo Anotação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Incluir **Voltar**

Figura 29 – Questionário de avaliação do *Health-Image*

Foi realizada uma avaliação do sistema, por cerca de 120 (cento e vinte) profissionais médicos, de especialidades distintas, utilizando o sistema

simultaneamente, para fins qualitativos. A referência utilizada foi uma escala de 1 (Ruim), 2 (Regular), 3 (Bom) e 4 (Ótimo). Os resultados desta avaliação, calculados através de média aritmética, são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Resultado da avaliação do sistema – 2007

Item	Pontuação %	Resultado
Qualidade das imagens	3,6	Bom
Interatividade	4,0	Ótimo
Navegabilidade	3,9	Bom
Tempo para carregar as imagens	3,6	Bom
Tempo para cadastro/consulta de dados alfanuméricos	3,3	Bom
Fórum voltado para imagens (aspectos funcionais e interativos)	4,0	Ótimo
Anotação/busca de imagens (aspectos funcionais e interativos)	3,8	Bom

Nota:Elaboração própria.

O capítulo seguinte apresenta as discussões finais da dissertação, assim como trabalhos relacionados e algumas perspectivas para o prosseguimento do projeto.

4 AVALIAÇÃO E ANÁLISE

4.1 SOBRE O TRABALHO

Este trabalho fez parte de uma pesquisa envolvendo o Departamento de Ensino e Pesquisa do HSI e os pesquisadores do Mestrado de Sistemas e Computação da Universidade Salvador, cujo principal objetivo era facilitar e melhorar a qualidade dos diagnósticos através de imagens digitais. A idéia é que, os resultados deste trabalho possam ser aplicados para dar suporte ao trabalho cooperativo, à segunda opinião médica e ao compartilhamento de conhecimentos nas atividades envolvendo o diagnóstico através de imagens realizado pelos profissionais médicos do HSI.

Um dos maiores desafios desta pesquisa está relacionado à filtragem de imagens de uma determinada patologia, e identificar com exatidão o determinado órgão que está vinculado ao diagnóstico.

4.2 CONTRIBUIÇÕES DO AMBIENTE *HEALTH-IMAGE*

As contribuições do *Health-Image* são listadas a seguir:

- a) **Suporte à interação entre médicos:** foi proposto um modelo de fórum de discussão, onde os médicos poderão interagir e trocar informações, independente de estar fisicamente na instituição.
- b) **Suporte à recuperação de imagens com diagnósticos similares:** a forma de estruturar as informações permite que, a partir de um determinado diagnóstico, todas as imagens semanticamente similares⁹ possam ser recuperadas, permitindo uma análise comparativa dessas imagens com a do quadro clínico do paciente analisado.
- c) **Suporte à geração de laudos padronizados:** através do mecanismo de termos padrões (baseados em uma ontologia de domínio), foi implementado um componente específico para oferecer suporte a laudos dos médicos radiologistas, evitando subjetividade nos diagnósticos.

⁹ Gramaticamente possuindo os mesmos significados.

- d) **Formalização das anotações com base em uma diretriz:** além de oferecer a possibilidade de dar laudos de forma padronizada, a solução proposta formaliza diretrizes que evitam ambigüidades nos diagnósticos efetuados.
- e) **Segurança das informações:** o sistema proposto respeita os cuidados éticos da área médica, em conformidade com os critérios de segurança recomendados pela SBIS-CFM.

4.3 TRABALHOS RELACIONADOS

Diversos trabalhos na área de teleradiologia com o objetivo de auxiliar o diagnóstico médico e de implementar soluções do tipo *filmless* foram propostos nos últimos anos. Alguns destes trabalhos encontram-se descritos nesta seção.

4.3.1 Teleradiologia em oncologia pediátrica

Este sistema para diagnóstico de imagem em oncologia (LOPES, 2004), desenvolvido pelo Laboratório de Sistemas Integráveis, consiste em um RIS, baseado no padrão DICOM e com implementação *Web*, que tem como principal objetivo auxiliar o trabalho de profissionais médicos na área de oncologia pediátrica através do acesso distribuído às informações textuais clínicas do prontuário do paciente e imagens médicas. O sistema apresenta-se como uma solução que visa integrar instituições remotas, possibilitando melhora na qualidade, exatidão e agilidade dos diagnósticos radiológicos.

4.3.2 SRIS-HC

O SRIS-HC (ROSA; TRAINA, 2002) foi desenvolvido como uma proposta de apoio ao diagnóstico, permitindo a recuperação de imagens por similaridade, contendo todas as informações associadas aos diagnósticos contidos nos laudos eletrônicos. Nas consultas por similaridade, a comparação das imagens é realizada com base em técnicas de extração de características, através do histograma tradicional e do métrico (técnica de captura do brilho da imagem).

4.3.3 CbPACS

O CbPACS (BUENO, 2020) é um sistema com suporte à recuperação de imagens médicas baseada em conteúdo, utilizando um método de extração de características de imagens denominado histograma métrico. Apresenta uma função de distância métrica para realizar a comparação entre histogramas, possibilitando a indexação e recuperação das características extraídas das imagens através de consultas por similaridade.

4.3.4 Ontologias: Indexação e recuperação de fotografias

Este trabalho - Ontologias: Indexação e Recuperação de fotografias baseadas na técnica fotográfica e no conteúdo da imagem - (MANINI; MARQUES; MIRANDA, 2007) propõe um modelo, através da utilização de uma ontologia, para a recuperação e indexação de imagens com base no conteúdo. Apresenta ainda, a elaboração de uma ontologia para a representação de imagens de forma genérica.

4.3.5 SRIM – Sistema de Recuperação de Imagens Mamográficas

O SRIM (GATO, 2004) tem como objetivo recuperar imagens de um banco de dados através de similaridades de uma dada imagem, servindo como base de apoio para a avaliação de imagens mamográficas com características específicas. Contempla um banco de imagens com características variáveis em termos de idade da paciente, densidade e achados mamográficos. A busca através de similaridade é dada através da densidade e área da mama, através de uma implementação baseada na busca dos vizinhos mais próximos, onde é apresentada uma imagem de referência ao sistema e o mesmo recupera as imagens mais semelhantes.

4.3.6 MEDICUS

O MEDICUS - Imagens Médicas e Computação para Compartilhamento Unificado de Informação - (ERBERICH, 2006) visa oferecer soluções não proprietárias para processamento de imagens médicas e compartilhamento de

imagens entre médicos, instituições hospitalares, clínicas e pesquisadores. Integra mais de 40 hospitais na América do Norte, provendo serviços de compartilhamento e busca de dados e imagens médicas, inclusive por conteúdo e oferecendo suporte a mineração de dados.

4.3.7 Integração RIS / PACS baseada em Web

A integração RIS/PACS implementada no Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto (Universidade de São Paulo) (MARQUES, 2005) foi realizada com o intuito de possibilitar a consulta remota a laudos e imagens associadas. A aplicação Web possibilita que o usuário navegue pelas imagens podendo realizar algumas funções básicas como zoom, controle de brilho, contraste e visualização de imagens lado a lado. Em função da redução do número de interfaces entre bases de dados, o que acarreta em redundância das informações, a integração reduz o risco de inconsistências, proporcionando um ambiente de trabalho rápido e seguro para consulta de laudos radiológicos e visualização de imagens.

4.4 LIMITAÇÕES

Embora o *Health-Image* tenha tido uma boa avaliação pelos profissionais envolvidos (como mostra a tabela 1) com relação às funcionalidades para apoiar o diagnóstico através de imagens, ele possui algumas limitações. Dentre estas, podem ser destacadas:

- a) A implementação de algumas funcionalidades é baseada em *applet*, requerendo a instalação da JRE nos clientes;
- b) Os metadados originados através das anotações são armazenados em arquivos XML. Com isto, se o número de anotações cresce, o desempenho da parte vinculada a recuperação baseada em termos pode vir a ser comprometida.

As soluções já visualizadas para tentar fazer face a estas limitações seriam as seguintes:

- a) Adaptar os componentes que utilizam *applet*, para que possam funcionar somente baseados em um servidor de aplicação Web. Em *applets* o código

Java é carregado a partir do servidor Web, através da Internet o tempo para *download* dos dados é significativo, impactando na performance do sistema. Além disto, com *applets*, a máquina cliente executa efetivamente parte da aplicação Java, portanto há necessidade de que ela tenha maior velocidade de processamento e capacidade de memória.

b) Armazenar as estruturas provenientes das anotações em um banco de dados relacional, no qual a modelagem deverá contemplar uma estrutura similar à dos metadados. O armazenamento de grandes quantidades de informações em arquivos, apesar do auxílio dos mecanismos de buscas, ainda torna a busca menos eficiente quando comparada ao banco de dados estruturada em forma de metadados.

4.5 COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS ANTERIORES E O HEALTH-IMAGE

Para verificar a viabilidade da solução proposta, foi realizado um estudo comparativo entre o modelo proposto e os trabalhos correlacionados descritos nas seções anteriores.

Os projetos apresentados nos tópicos 4.5.1 (Teleradiologia em oncologia pediátrica) e 4.5.7 (Integração RIS/PACS baseada em *Web*) apresentam funcionalidades voltadas para geração de laudos de imagens radiológicas no padrão DICOM através da *Web*, no entanto, não mencionam critérios para a segurança das informações com base nas normas da SBIS-CFM, além de não apresentarem soluções para realizar a recuperação de imagens de um banco de dados.

As pesquisas citadas nos itens 4.5.2 (SRIS-HC) e 4.5.3 (cbPACS) apresentam soluções viáveis para a busca de imagem através da extração de características por histograma. Entretanto, é necessário definir previamente informações específicas que podem ser extraídas para cada tipo de exame, para que possam ser úteis na execução da tarefa de recuperação. No modelo proposto neste trabalho, esta busca é realizada através de termos definidos na ontologia.

Na seção 4.5.4 é apresentada uma abordagem para recuperação de imagens médicas baseada em conteúdo, através do uso de ontologia. Apesar de se mostrar como uma ferramenta viável para a busca de imagens através do seu conteúdo, não trata as peculiaridades da área médica, por ser um modelo para imagens de uma forma geral.

Por fim, a solução proposta no item 4.5.6 (MEDICUS) apresenta soluções para compartilhamento de imagens médicas e busca através de mineração de dados.

4.6 TRABALHOS FUTUROS

Os conceitos apresentados neste trabalho, resultaram na implementação do sistema *Health-Image*, que busca dar apoio ao diagnóstico por imagens. A pesquisa que subsidiou este trabalho tornou possível responder a alguns questionamentos feitos no decorrer do texto, como: uma solução para identificar imagens com diagnósticos similares, padronizar laudos de diagnósticos, possibilitar a troca de opinião (acerca do diagnóstico por imagem) entre profissionais médicos de forma remota, dentre outros. Entretanto, ela suscitou inúmeras outras, inerentes a toda investigação científica. Durante o desenvolvimento deste trabalho, quatro aspectos foram evidenciados como perspectivas de trabalhos:

- a) Realizar uma extensão do sistema proposto, que visa somente a recuperação de imagens estáticas digitais, para abranger imagens em movimento (vídeos), contemplando as mesmas funcionalidades existentes no *Health-Image*.
- b) Realizar uma forma de integração, através de metadados, das informações inerentes às imagens com informações clínicas e assistenciais (integração ao PEP);
- c) Realizar a busca através de imagens com diagnósticos previamente definidos (Atlas médicos) e considerados modelo.
- d) Desenvolver ontologias baseadas em outras diretrizes e fazer associações entre os diagnósticos que compõem estas ontologias e as imagens.

REFERÊNCIAS

ACR-NEMA. **Digital imaging and communications in medicine (DICOM):** Version 3.0. national electrical manufactures association standards, 1996. Disponível em: <<http://www.nema.org>>. Acesso em: 24 maio 2007.

ALVARES F.; PÁDUA, A.I.; TERRA, J. Tromboembolismo pulmonar: diagnóstico e tratamento. In: SIMPÓSIO: URGÊNCIAS E EMERGÊNCIAS RESPIRATÓRIAS, 36, Medicina, Ribeirão Preto, **Anais...** Ribeirão Preto, SP, 2003.

BENSON, T. Why industry is not embracing standards. **International Journal of Medical Informatics**, v. 48, p. 133–136, 1998.

BORST, W. **Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse**. 1997. Disponível em: <<http://www.ub.utwente.nl/webdocs/inf/1/t0000004.pdf>> . Acesso em: 20 jun. 2007.

BOXWALLA, A.A. et al. Towards a Representation format for sharable clinical guidelines. **Journal of Biomedical Informatics**, n. 34, p 52-66, 2001.

BUENO, J. M. **Suporte à recuperação de imagens médicas baseada em conteúdo através de histogramas métricos**, 2002, 146 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Ciências Matemáticas e Computação. Universidade de São Paulo.

CASTAÑÓN, C.A.B. **Recuperação de Imagens por Conteúdo através de uma Análise Multirresolução por Wavelets**. 2003, 112 f. Dissertação (Mestrado)– Instituto de Ciências Matemáticas e Computação. Universidade de São Paulo, 2003.

CIMINO, J. J. Desiderata for controlled medical vocabularies in the Twenty-First Century: **Methods of Information in Medicine**, v. 37, no. 4–5, p. 394-403, 1998.

DIVISION OF BIOMEDICAL AND HEALTH INFORMATICS - DEPARTMENT OF WASHINGTON MEDICAL CENTER **Image Markup Language**. Disponível em: <<http://faculty.washington.edu/lober/iml/>>. Acesso em: 6 jun. 2007.

NAGOYA INSTITUTE OF TECHNOLOGY - DEPARTMENT OF ELECTRICAL & COMPUTER ENGINEERING. **Dicom Viewer**, 2002. Disponível em: <<http://mars.elcom.nitech.ac.jp/dicom/index-e.html>>. Acesso em: 5 jan. 2007.

ECLIPSE BRASIL. **Eclipse**. 2004. Disponível em: <<http://www.eclipse.org/>>. Acesso em: 06 mar. 2007.

ERBERICH, S. G.; BHANDEKAR, M. E. et al. Next generation enterprise PACS: Integration of open grid service architecture with commercial PACS. In: PROC. RSNA ANNUAL MEETING, **Anais...** 2006.

FARIAS, R. F.; MATTOS, M.C.; WALESKA, P. et al. Ontologia para a Gestão de Conhecimento em Saúde por Meio da Metodologia Methontology. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA EM SAÚDE, 10., 2006, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis, SC, 2006.

GATO, H. E. R. et al. Uma proposta de Recuperação de Imagens Mamográficas Baseada em Conteúdo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA EM SAÚDE, 9., 2004. Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, SP, 2004.

GENNARI, J. et al. **The evolution of Protégé**: an environment for knowledge-based systems development. 2003. Disponível em: <<http://smi.stanford.edu/smi-web/reports/SMI-2002-0943.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2007.

GUARINO, N. Formal Ontology in Information Systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FORMAL ONTOLOGY AND INFORMATION SYSTEMS, 1., 1998, Trento, Italy. **Anais...** Trento, Italy, 1998. Disponível em: <<http://www.loa-cnr.it/Papers/FOIS98.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2007.

GUPTA, A.; JAIN, R. **Visual information retrieval**. Communications of the ACM, 40:71-79, 1999.

HIBERNATE. **Framework hibernate**. 2006. Disponível em <<http://www.hibernate.org/>>. Acesso em: 21 mar. 2007.

HONDA, P. M.; RODRIGUES, M. H. Recuperação de imagem baseada em conteúdo: uso de atributos de textura para caracterização de microcalcificações mamográficas. **Radiologia Brasileira**, v.35, n.2, p.93-98, 2002.

JANECEK, P.; PU, P. **Searching with semantics**: an interactive visualization technique for exploring an annotated image collection. In: OTM WORKSHOPS, 2003.

ORACLE BRASIL. **Java Platform, Enterprise Edition (JEE)**. 1995. Disponível em: <<http://java.sun.com/javaee>>. Acesso em: 2 ago. 2007.

JBOSS BRASIL. **JBoss**. 2002. Disponível em: <<http://www.jboss.org/>>. Acesso em: 23 fev. 2007.

JGUARD. **Framework JGuard**. 2006. Disponível em: <<http://jguard.net/>>. Acesso em: 06 mar. 2007.

KOBAYASHI, L.O.M.; FURUIE, S.S. Segurança em Imagens Médicas: uma Revisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA EM SAÚDE, 10., 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: HC-FMUSP, 2005.

LEITE, A.J.M. **Medicina baseada em evidências**: um exemplo no campo da pediatria. *J Pediatr*, v. 75, n. 4, p 215-226, 1999.

LOPES, T. T. et al. Sistema de teleradiologia para diagnóstico de imagem em oncologia pediátrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA EM SAÚDE, 2004, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, SP, 2004.

LUCENE. **Lucene in Action**. 2005. Disponível em: <<http://lucene.apache.org/>>. Acesso em: 8 nov. 2007.

MANDAL, M. K.; ABOULNASR, T.; PANCHANATHAN, S. **Image** Indexing Using Moments and Wavelets. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v 42, n. 3, p. 557-565, 1996.

MANINI, M.P.; MARQUES, M.L.; MIRANDA, A.S.S. Ontologias: Indexação e Recuperação de Fotografias baseadas na técnica fotográfica e no conteúdo da imagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO (ENANCIB), 8., Salvador, 2007. **Anais...** Salvador, Bahia.2007.

MARQUES, P. M. A. et al. Integração RIS/PACS no Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto: uma solução baseada em web. **Radiologia Brasileira**, São Paulo - Brasil, v. 38, p. 37-43, 2005.

OMS. Organização Mundial de Saúde. [site oficial]. Disponível em: <<http://www.who.org>>. Acesso em: 06 mai. 2007.

OWL2PEFUSE. **An OWL to Prefuse Converter**. 2004. Disponível em: <<http://owl2prefuse.sourceforge.net/>>. Acesso em: 27 out. 2007.

RAINBOWFISH. **PACSOne Server**. 2003. Disponível em: <<http://www.pacsone.net>>. Acesso em: 13 nov. 2006.

PELEG M. et al. GLIF3: The evolution of a guideline representation format. Proc AMIA Symp.; 645-9, In: STANFORD MEDICAL INFORMATICS, Stanford University School of Medicine, **Anais...** CA, USA, 2000.

PARALIC, J.; KOSTIAL, I. **Ontology-based Information Retrieval**. Disponível em: <<http://neuron-ai.tuke.sk/~paralic/papers/IIS03.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2007.

PEREIRA, S.V. **Classificação e avaliação de sistemas e recuperação de imagens por conteúdo**. 2001. Teses (Doutorado)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

PROTEGE. **Protégé Project**. 2000. Disponível em: <<http://protege.stanford.edu/>>. Acesso em: 13 fev. 2007.

ROSA N.A.; TRAINA A.J.M. Recuperação de imagens médicas por similaridade em um hospital universitário. In: WORKSHOP DE INFORMÁTICA MÉDICA (WIM), 2., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, RS, 2002.

SANTIAGO, M.A. Guidelines e protocolos clínicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA EM SAÚDE, 8., 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.sbis.org.br/cbis8/programacao.htm/t10_1.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2007.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE INFORMÁTICA EM SAÚDE (SBIS). **Manual de certificação para sistemas de Registro Eletrônico em Saúde (RES)**. Brasília-DF, 2007. Disponível em: <<http://www.sbis.org.br/certificacao/ManualCertificacaoSBISCFM2007.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2007.

SCHREIBER, A. T. et al. Ontology-Based Photo Annotation. **IEEE intelligent systems**, v.16, n.3, p.66–74, 2001.

SMEULDERS, A.W.M. et al. Content-Based Image Retrieval at the End of the Early Years. **IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence**, v. 22, n. 12, 2000.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA. **Diretrizes para o tromboembolismo pulmonar**. Disponível em: <http://www.sbpt.org.br/_sbpt.php>. Acesso em: 13 nov. 2007.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. Tradução Maurício de Andrade. São Paulo: Addison-Wesley, 2003. xiv, 592 p.

STRUTS. **Struts framework**. 2005. Disponível em: <<http://struts.apache.org/>> . Acesso em: 17 mar. 2007.

WANG, D. et al. Representation Primitives, Process Models and Patient Data in Computer-Interpretable Clinical Practice Guidelines. A Literature Review of Guideline Representation Models. **Intern. J. Med. Inform.**, v. 68, n. 13, p. 59-70, 2002.

DEPARTAMENT OF WASHINGTON MEDICAL CENTER. **.XML – based Image Annotation: PAIS – a Personal Annotated Image Server**. 2000. Disponível em: <<http://faculty.washington.edu/lober/pais/IML1c/>>. Acesso em: 6 jun.2007.

ZANSTRA, P. E. et al. **Coding systems and classification in healthcare: the link to the record**. International Journal of Medical Informatics, v. 48, p. 103–109, 1998.