

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

JERONIZA NUNES MARCHAUKOSKI

PRINCÍPIOS PARA A CONSTRUÇÃO DE BANCO DE DADOS DE
IMAGENS MÉDICAS

Dissertação apresentada ao programa de Pós-
Graduação em Informática da Universidade
Federal do Paraná como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Informática

Orientador: Prof. Dr. Marcos Sfair Sunye

Curitiba - PR
Novembro de 2001

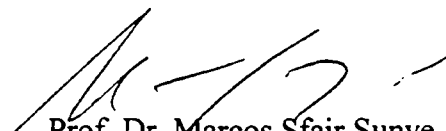


Ministério da Educação
Universidade Federal do Paraná
Mestrado em Informática


PARECER

Nós, abaixo assinados, membros da Banca Examinadora da defesa de Dissertação de Mestrado em Informática da aluna *Jeroniza Nunes Marchaukoski*, avaliamos o trabalho intitulado "*Princípios para a Construção de Banco de Dados de Imagens Médicas*", cuja defesa foi realizada no dia 09 de novembro de 2001, às quatorze horas, no anfiteatro B do Setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná. Após a avaliação, decidimos pela aprovação da candidata.

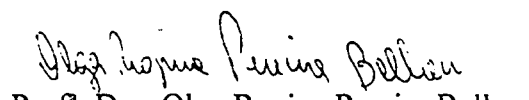
Curitiba, 09 de novembro de 2001.



Prof. Dr. Marcos Sfair Sunye
DINF/UFPR - Orientador



Prof. Dr. Milton Ramos Ramirez
COPPE/UFRJ



Prof.ª Dra. Olga Regina Pereira Bellon
DINF/UFPR

DEDICATÓRIA

AOS

Meus pais Jeronimo Marchaukoski e Geni
Nunes Marchaukoski, e minhas irmãs
Jerosiane e Jocimara

AO

Meu esposo Manolo M. S. Lorenzet

AGRADECIMENTOS

A Deus.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta pesquisa, venho externar o meu muito obrigado.

Em particular:

Ao meu Orientador Prof. Dr. Marcos Sfair Sunye.

Aos Professores do Curso de Pós-Graduação da UFPR, que contribuíram para o meu enriquecimento cultural, cujas informações recebidas permitiram desenvolver este trabalho, em especial a Prof^a. Dra. Olga Belon.

Aos meus colegas do CEFET-PR, pelo apoio, em especial ao Prof. Dr. Luciano Scandelari.

Aos colegas de mestrado que contribuíram com este trabalho.

Ao Dr. Arnolfo Carvalho Neto do Hospital Universitário da UFPR e DAPI, pela colaboração.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iii
SUMÁRIO	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	14
1.2 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	17
1.3 OBJETIVOS	23
1.3.1 Objetivo Geral	23
1.3.2 Objetivos Específicos	23
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	23

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 HISTÓRICO	24
2.2 PROJETOS DE RECUPERAÇÃO POR CONTEÚDO	29
2.2.1 Modelos de Recuperação Através de Conteúdo de Imagem	29
2.2.1.1 Recuperação Progressiva Baseada em Conteúdo de Arquivos de Imagens de Satélite	29
2.2.1.2 Uma Proposta de Banco de Dados para Modelar e Consultar Dados de Vídeo	30
2.2.1.3 Modelagem Semântica e Representação de Conhecimento em Banco de Dados Multimídia	30
2.2.2 Projetos de Recuperação de Imagens Médicas através de Conteúdo de Imagem	31
2.2.2.1 I2C Sistema para Recuperação de Imagens Médicas por Conteúdo	32

2.2.2.2	Recuperação Rápida e Eficaz de Formas de Tumores Médicos	35
2.2.2.3	Metodologia para Representação, Indexação e Recuperação de Imagens por Conteúdo.....	35
2.2.2.4	Recuperação de Imagens Baseada em Conteúdo com Construções Espaciais e Temporais	36
2.2.3	Interpretação de Alto Nível	37
2.2.3.1	Projeto de Sistemas Inteligentes para o Ensino de Conceitos Visuais	37
2.2.4	Projetos que Implementam PACS	37
2.2.4.1	Projeto Brahms: Implementação de PACS no Hospital Brigham e Women ..	37
2.2.4.2	Projeto PACS Global	38
2.2.4.3	Projeto e Implementação de PACS em Genebra	38
2.2.4.4	O <i>Software</i> OSIRIS de Imagem	39
2.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE IMAGENS MÉDICAS	40
2.3.1	Modalidades de Exames	43
2.3.1.1	Radiografia Simples	43
2.3.1.2	Imagem por Ressonância Magnética	44
2.3.1.3	Tomografia Computadorizada	45
2.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE BANCO DE DADOS	47
2.4.1	Modelo de Dados.....	47
2.4.2	Dados Semi-estruturados	48
2.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE O PADRÃO DICOM.....	48
2.5.1	Considerações Iniciais	48
2.5.2	Histórico.....	48
2.5.3	Objetivos.....	49
2.5.4	Organização do Padrão	49
2.5.5	Visão Geral da Estrutura	52
2.5.6	Descrição da Parte 3 do Padrão	53
2.5.6.1	Modelo Informação IOD Instância Composite DICOM	53
3	ARQUITETURA PARA CONSTRUÇÃO DE SISTEMAS DE BANCO DE DADOS DE IMAGENS MÉDICAS	
3.1	REPRESENTAÇÃO DOS NÍVEIS DE INFORMAÇÃO DA IMAGEM MÉDICA.	55
3.2	ARQUITETURA DO SISTEMA.....	63

3.2.1	Módulos da Arquitetura.....	64
3.2.1.1	Entrada da Imagem.....	64
3.2.1.2	Processo de Segmentação.....	65
3.2.1.3	Processo de Extração de Características da Imagem.....	65
3.2.1.4	Processo de Representação da Imagem e do Exame.....	66
3.2.1.5	Esquema do Banco de Dados.....	67
3.2.2	Fluxo de Dados.....	68
3.2.2.1	Caso Automático.....	68
3.2.2.2	Caso Automático Segmentação e Extração.....	68
3.2.2.3	Caso Revisado com a Identificação da Imagem.....	69
4	APLICAÇÃO.....	72
5	CONCLUSÃO	
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
5.2	CONCLUSÕES.....	84
5.3	RECOMENDAÇÕES.....	85
	REFERÊNCIAS.....	86

LISTA DE FIGURA

FIGURA 1 - CERVICAL.....	18
FIGURA 2 – EPÍFISES EM MARFIM	19
FIGURA 3 - EPÍFISE DA CABEÇA FEMORAL.....	19
FIGURA 4 - AÇENTÁBULO	20
FIGURA 5 – COLO FEMORAL	20
FIGURA 6 – EPÍFISE FEMORAL DISTAL	21
FIGURA 7 – ENCHONDROMA.....	22
FIGURA 8 – SIMBOLOGIA UTILIZADA EM ER.....	47
FIGURA 9 – ESTRUTURA MAIOR DO MODELO DE INFORMAÇÃO DICOM.....	52
FIGURA 10 – MODELO DE INFORMAÇÃO DICOM	53
FIGURA 11 – TÍBIA.....	56
FIGURA 12 – REPRESENTAÇÃO DOS NÍVEIS DE INFORMAÇÃO DA IMAGEM MÉDICA	57
FIGURA 13 – TÍBIA SEGMENTADA.....	58
FIGURA 14 – REPRESENTAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA FIGURA 13	59
FIGURA 15 – REPRESENTAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA IMAGEM EM FORMA DE GRAFO.....	61
FIGURA 16A – IMAGEM ORIGINAL DA TÍBIA.....	63
FIGURA 16B – TÍBIA. SEGMENTAÇÃO CONSIDERANDO A VARIAÇÃO COMO UMA ANOMALIA NÃO IDENTIFICADA	63
FIGURA 16C – SEGMENTAÇÃO DA TÍBIA NÃO CONSIDERANDO A VARIAÇÃO COMO UMA ANOMALIA.....	63
FIGURA 17 – ESQUEMA DO BANCO DE DADOS	67
FIGURA 18 – ARQUITETURA DO SISTEMA	70

FIGURA 19 – IMAGEM CRUA DO CALCÂNEO	72
FIGURA 20 – PÉ SEGMENTADO	73
FIGURA 21 – PARTE DO PÉ CALCÂNEO	73
FIGURA 22 – PARTE DO PÉ TALO	73
FIGURA 23 – PARTE DO PÉ OSSO NAVICULAR.....	73
FIGURA 24 – PARTE DO PÉ OSSO CUBÓIDE	73
FIGURA 25 – ANOMALIA PRESENTE NO CALCÂNEO, LINFOMA	73
FIGURA 26 – REPRESENTAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA IMAGEM EM FORMA DE GRAFO.....	74
FIGURA 27A – ENTALHE NORMAL DA SUPERFÍCIE	75
FIGURA 27B – COLUNA CERVICAL.....	75
FIGURA 28A – ULNA COM VARIAÇÃO DE NORMALIDADE	76
FIGURA 28B – ULNA SEM VARIAÇÃO DE NORMALIDADE	76
FIGURA 29 – ULNA SEGMENTADA ERRADA	77
FIGURA 30 – ULNA SEGMENTADA CERTA	78
FIGURA 31 – PATELA.....	79
FIGURA 32 – OSTEOSARCOMA	81
FIGURA 33 – OSTEOMA OSTEÓIDE	81

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – INTERPRETAÇÃO DA FIGURA 13.....	59
TABELA 2 – TABELA COM NOMES DE TUMORES E A IDADE DE MAIOR OCORRÊNCIA.....	80

RESUMO

Este trabalho apresenta princípios para a construção de banco de dados de imagens médicas, em que propõe uma arquitetura de sistema de banco de dados, a divisão da imagem em níveis, e a representação dos níveis em um esquema de banco de dados baseado no modelo de Entidades de Relacionamentos (ER). Trata-se de uma arquitetura composta por módulos que possibilitam a aquisição e o armazenamento dos dados da imagem e referentes a ela, que auxiliará o diagnóstico, a pesquisa e o treinamento médico. A imagem médica é apresentada em níveis, considerando os dados extraídos da imagem como: imagem crua, segmentada, extração de características, interpretação, semântica; e os dados referentes a ela como: modalidade do exame, parte da anatomia estudada e paciente. Na aplicação teórica chegou-se ao resultado de que, através dos níveis da imagem médica, é possível a interação e, conseqüentemente, a unificação dos dados desta imagem, estabelecendo uma arquitetura passível de expansão, que permite a qualquer profissional da área médica dispor desses dados em uma única fonte.

ABSTRACT

This work presents principles to design medical image database proposing a database system architecture, the division of the image in layers and a database scheme using the Entity-Relationship (ER) model. The architecture, which consists of a set of modules that enable the acquisition and storage of image and image related data, can be used as a diagnostic decision support tool and as a tool for medical research and training. In addition, medical image in layers is discussed as raw image, segment image, image features and image-related data, which consist of image modality, anatomical structures and patient data. The result of the theoretical application is that it is possible to have the interaction and, consequently, the unification of these image data through the medical image layers. This will establish an extensible architecture that will allow professionals in the medical area to obtain image data from only one source.

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os profissionais da área médica estão sempre buscando diagnósticos mais precisos. Para tanto eles utilizam modalidades diversificadas de exames, entre eles os exames que geram imagens médicas.

Os exames médicos em forma de imagens têm progredido muito nos últimos anos. Até 1960 era utilizado apenas o Rx simples; hoje existem a tomografia computadorizada, a ressonância magnética entre outros.

Devido ao grande volume de informação imagem médica surgiu a necessidade de gerenciá-la. Os Sistemas de Informação Radiológica, RIS (*Radiology Information Systems*), foram os primeiros que demonstraram a possibilidade de melhorar o acompanhamento dos pacientes, através de geração e distribuição de relatórios, localização dos filmes e rotinas de funcionamento do setor de radiologia. Na década de 80, o conceito de RIS foi ampliado para Sistema de Arquivamento e Comunicação de Imagens, PACS (*Picture Archiving and Communication System*). O desenvolvimento de PACS é uma área ativa de pesquisa. Com objetivo de criar um método padrão para transmissão de imagens médicas, o NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*) e o ACR (*American College of Radiology*) formaram um comitê em 1983, publicando em 1985 o padrão ACR-NEMA n. 300-1985. O melhoramento veio na versão 3.0 em 1993 e o padrão passou a se chamar DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*). O padrão DICOM atualmente promete não só permitir a transferência de imagens médicas entre equipamentos de diferentes fabricantes, mas também facilitar o desenvolvimento de PACS e a interface com sistemas de informação médica. O DICOM define atualmente objetos imagem, paciente, estudo, relatórios e padrões e pode ser considerado como um padrão para comunicação através de dispositivos e sistemas heterogêneos.

O dado imagem médica além de volumoso é complexo e rico em semântica. Para aprimorar o gerenciamento desses dados e das informações relacionadas às imagens e ao estudo do paciente em questão é necessária a construção de banco de dados de imagens médicas. Bancos de dados de imagens médicas facilitam o gerenciamento da informação, tal como armazenamento, segurança, consistência, recuperação, contribuindo para:

- Evitar risco de perder informação devido a transferências freqüentes de outros sistemas que manipulam imagens;
- Evitar processos repetitivos de captura de imagem;
- Facilitar o gerenciamento das informações devido ao volume e densidade das mesmas;
- Acelerar e melhorar a qualidade do processo de pesquisa;
- Disponibilizar informações quando e onde necessárias;
- Permitir a integração entre outros sistemas da área médica como HIS (*Hospital Information Systems*), RIS (*Radiology Information Systems*), PACS (*Picture Archiving and Communication Systems*) e sistemas de telemedicina; e
- Dar suporte ao diagnóstico médico, pesquisa e ao treinamento de pessoal na área médica

Foi observada (ORPHANOUDAKIS, CHRONAKI, KOSTOMANOLAKIS, 1994) a necessidade de se recuperar dados pelo conteúdo da imagem, a fim de que fosse possível recuperar diagnósticos semelhantes e/ou diferentes para a mesma imagem médica.

Os trabalhos (ORPHANOUDAKIS, CHRONAKI, KOSTOMANOLAKIS, 1994; PETRAKIS, FALOUTSOS, 1997) consideram a imagem crua e a imagem segmentada com características, preocupando-se com a representação do dado imagem por seu conteúdo e a indexação desse tipo de informação. Esses trabalhos não discutem a integração dos outros níveis de informação contidas na imagem, cuja importância é fundamental para representar a semântica contida na imagem médica.

Nesta dissertação houve a preocupação em considerar os níveis de informações:

- Baixo nível: imagem digital, imagem crua,
- Nível segmentado: objetos da imagem rotulados,
- Nível semântico: rótulos dos objetos da imagem (*crânio, joelho, pé*),
- Nível características: características dos objetos segmentados e rotulados,
- Nível interpretação: interpretação do especialista com relação à imagem e diagnóstico da imagem como um todo,
- Nível referência: dados referentes como paciente, médico, dados geográficos, prognóstico que originou os exames.

As imagens médicas contêm muitos detalhes e estes, na maioria das vezes, só são observados por especialistas. Como o dado imagem extraído através de algoritmo pode não representar a realidade em questão, é necessário interpor uma *interface* para que o médico possa interagir no processo de obtenção de dados.

Devido à constante evolução dos exames imagem médica, da área de processamento de imagens e da área de banco de dados, este trabalho coloca que os sistemas devem considerar a necessidade de evoluir sem perda de informação, desde a obtenção dos dados até o esquema do banco de dados, permitindo agregar novas informações e novos recursos. Para isso propõe-se a criação de bibliotecas de algoritmos de extração de informação, biblioteca de objetos segmentados e rotulados e a possibilidade de inclusão de novas informações no esquema do banco de dados. As bibliotecas também possibilitam triagem de informação e facilidade para especialistas iniciantes.

Verificou-se, ainda, que as constantes mudanças no esquema do banco de dados, para permitir evolução e adaptação e a complexidade das propriedades necessárias à descrição do esquema, configuram dados semi-estruturados. Logo, recursos devem ser agregados para facilitar o usuário na pesquisa e também

melhorar o desempenho. Informações sobre dados semi-estruturados podem ser encontradas em LEE et al. (1999).

1.2 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

A pesquisa surgiu tendo em vista a necessidade do uso de banco de dados para o gerenciamento de imagens médicas, observado em outros trabalhos que colocam a vantagem do uso de banco de dados, principalmente, como ferramenta para auxiliar o diagnóstico, a pesquisa e o treinamento de novos especialistas em imagens da área médica.

Outro aspecto que levou a este trabalho é que há um corpo de pesquisadores do Hospital de Clínicas – Departamento de Informática da Universidade Federal do Paraná que vem desenvolvendo pesquisas com este foco.

Observou-se que alguns itens não recebiam a atenção necessária, tais como a importância da consistência dos dados, a participação do médico na obtenção desses dados, integração entre os níveis de informação contidos nas imagens, a utilização de entidades padronizadas existentes como paciente, estudo, imagem pertencentes ao padrão DICOM.

As imagens médicas contêm muitos detalhes que são fundamentais para o diagnóstico, bem como podem apresentar ruído, além de ser comum a ocorrência de detalhes normais que podem ser confundidos com anomalias. É evidente que quanto mais consistentes os dados extraídos das imagens médicas mais próximo se estará do diagnóstico; e a participação do médico é muito importante para contribuir na consistência dos dados, pois eles devem ter a habilidade de interpretar as imagens médicas.

Dentro dos detalhes das imagens médicas pode haver diferenças de normalidade; logo o que para um médico não especialista pode parecer uma anomalia, para um especialista experiente será um detalhe normal.

Algumas variações de normalidade podem ser observadas nos casos a seguir:

1 - A superfície articular superior da quinta para a sétima vértebra da cervical, em algumas pessoas normais, pode mostrar uma ranhura ou depressão, que pode ser confundida com processo erosivo ou alteração traumática (RESNICK,1995).



FIGURA 1 - CERVICAL. Entalhe normal da superfície da articulação *apophyseal* da espinha cervical inferior pode ser confundido com erosão ou fratura (Fonte: RESNICK, 1995).

2 - Epífises em marfim na mão de uma criança saudável podem ser consideradas como uma variação de normalidade e, às vezes, podem ser associadas à maturação tardia das mãos, em particular das falanges (RESNICK,1995).



FIGURA 2 – EPÍFISES EM MARFIM. Esta figura apresenta epífise em marfim na base da falange distal do 2º. e 5º. dedo em uma garota normal de 12 anos (Fonte: RESNICK, 1995).

3 – A epífise da cabeça femoral pode ossificar tanto de múltiplos como de um único centro. Esta, aparência no centro de ossificação, pode ser tomada como uma manifestação de necrose isquêmica (RESNICK,1995).



FIGURA 3 – EPÍFISE DA CABEÇA FEMORAL. Esta figura apresenta ossificação normal irregular da epífise da cabeça femoral do quadril em uma criança. Esta, aparecendo em um único centro, não deve indicar a presença de doença (Fonte: RESNICK, 1995).

4 - O centro de ossificação secundária da margem posterior do acetábulo freqüentemente é múltiplo e não necessariamente simétrico bilateralmente. O resto desse centro de ossificação pode ser confundido com fraturas (RESNICK,1995).



FIGURA 4 - ACETÁBULO. Centro secundário de ossificação da margem acetabular em um garoto de 14 anos (Fonte: RESNICK, 1995).

Enfatizando o que já foi dito acima, além da importância da consistência das características extraídas das imagens, os dados relacionados são fundamentais para fornecer um diagnóstico mais aproximado.

5 - A margem superior do colo femoral é pobremente definida em crianças jovens e, algumas vezes, pode ter uma aparência que sugerirá formação de novos ossos. Isto ocorre mais em crianças entre 4 e 5 anos (RESNICK,1995).

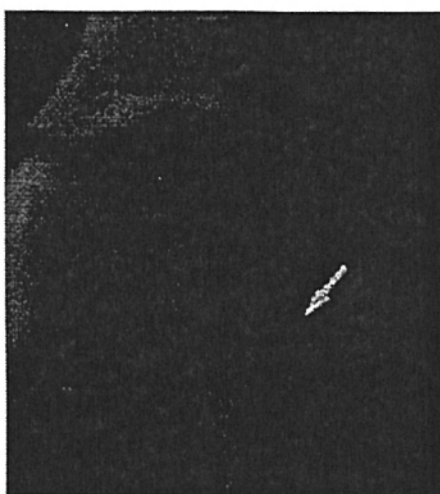


FIGURA 5 – COLO FEMORAL. Irregularidade normal na margem superior do colo femoral em uma criança de 4 anos (Fonte: RESNICK, 1995).

6 - A ossificação da epífise femoral distal pode ser bastante irregular em crianças, particularmente em seu aspecto lateral (RESNICK, 1995).



FIGURA 6 - EPÍFISE FEMORAL DISTAL. Área de desenvolvimento anormal no aspecto lateral da epífise femoral distal em um garoto de 6 anos (Fonte: RESNICK, 1995).

É bom ressaltar, ainda, que, no caso de tumores, o diagnóstico apenas por imagens é muito difícil. Para obtenção de diagnósticos mais precisos é necessário levar em conta todas as informações possíveis, como datas, dados do paciente, histórico, etc.

A tentativa de interpretar o estudo da imagem sem considerar dados clínicos aumenta significativamente a probabilidade de diagnóstico falso (RESNICK, 1995).

De modo particular, o conhecimento da idade do paciente é fundamental para a interpretação das anomalias da imagem. A tendência de uma variedade de tumor específico afetar crianças, adolescentes, jovens, adultos e idosos representa uma das principais características de muitos tumores do esqueleto. De igual importância é o conhecimento dos locais que, caracteristicamente, são afetados por essas lesões (RESNICK, 1995).

7 -Tumores benignos, geralmente, apresentam padrão de destruição geográfica do osso. Mas tumores malignos como mielomas e metástases da célula plasma e osteomielites (*particularmente granulomatous infections*) também podem apresentar este padrão (RESNICK,1995).

A figura, a seguir, mostra um “enchondroma”, cuja incidência é mais comum na faixa dos 10 aos 30 anos (RESNICK,1995).

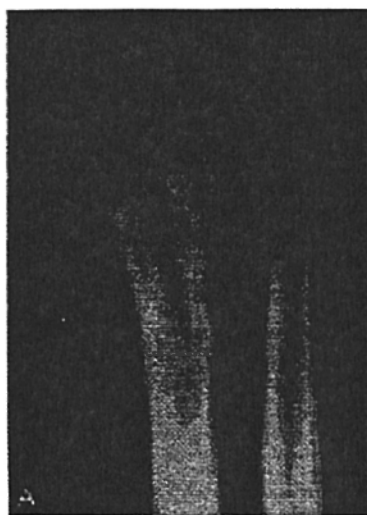


FIGURA 7 - ENCHONDROMA: anomalia radiográfica em osso tubular longo (Fonte: RESNICK, 1995).

A radiografia é proveniente de um paciente criança que apresenta uma lesão solitária, podendo-se observar que se estende na metáfise do rádio.

Assim considera-se, neste trabalho, a importância da consistência dos dados desde a obtenção até o seu armazenamento no banco de dados, enfatizando a importância da participação do médico especialista neste processo. Porém, coloca-se a necessidade da utilização de padrões para obtenção dos dados, caso o especialista não participe da alimentação do banco. Para aumentar a qualidade da informação armazenada o especialista pode escolher características que melhor representem o estudo em questão. Através da escolha de características é possível, também, ajustar as informações para área de atuação do médico.

A arquitetura especificada, neste trabalho, coloca a possibilidade de ser estendida.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Este trabalho apresenta uma arquitetura que define princípios para o projeto conceitual de banco de dados de imagens médicas, facilitando o processo de construção destes.

1.3.2 Objetivos Específicos

Quanto aos objetivos específicos:

- Fornecer uma arquitetura básica para construção de um sistema banco de dados de imagens médicas;
- Demonstrar os níveis dos dados imagens médicas; e
- Criar um esquema para representação dos dados utilizando ER.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é composto de cinco capítulos, a saber: Introdução, Fundamentação Teórica, Modelo Proposto, Aplicação do Modelo, e Conclusão.

No capítulo 1, na Introdução, além de algumas considerações iniciais e justificativa do trabalho, constam os objetivos e a estrutura da composição da pesquisa.

No capítulo 2, Fundamentação Teórica, é apresentada a base conceitual, além da revisão bibliográfica, como suporte para o proposto.

No capítulo 3, Modelo Proposto, é feita a exposição da arquitetura com o fito de alcançar o objetivo proposto.

No capítulo 4, Aplicação, mostra-se como foi feita a aplicação do Modelo.

E no capítulo 5, Conclusão e Recomendações é apresentada uma síntese dos resultados obtidos no trabalho, além de oferecer algumas recomendações e sugestões para utilização ou melhoria dos resultados em futuros trabalhos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 HISTÓRICO

A atividade médica é marcada pela busca constante de um diagnóstico preciso. Para isso, os médicos utilizam os mais diferentes exames, destacando-se, entre eles os que geram imagens, através das quais é possível detectar fraturas, osteoporose, tumores, corpos estranhos, enfim inúmeras situações anômalas ao corpo.

A história das imagens médicas começa em 1895, quando o físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen descobriu os raios X (R-X), acontecimento este que revolucionou a Medicina da época e que permaneceu, por quase 70 anos, como único meio auxiliar de imagem para certos diagnósticos (SUTTON, 1997).

Mais tarde, na década de 1950, surgiu o escaneamento isotópico e logo a seguir, na década de 1960, o ultra-som. Já nos anos de 1970 foi desenvolvida a Tomografia Computadorizada TC, e nos anos de 1980 surgiu a Imagem por Ressonância Magnética IRM. Todas essas técnicas se desenvolveram com rapidez, sendo agora subespecialidades imprescindíveis por si mesmas.

O aperfeiçoamento tecnológico desses equipamentos de imagens levou à geração de imagens digitais, fazendo com que os tradicionais exames de raios X possam ser processados por computador. Além disso, a imagem digital que corresponde ao registro de informação relativa à imagem em formatação binária para posterior exibição, foi desenvolvida juntamente com a construção de imagem na Tomografia Computadorizada TC, na Ultra-sonografia, na Imagem por Ressonância Magnética IRM, e na Medicina Nuclear.

A digitalização veio possibilitar o armazenamento, a transferência e a manipulação dessas imagens, resultando na melhora da qualidade diagnóstica, na avaliação mais conveniente da imagem, e na redução de custos. A sua principal vantagem está, portanto, no fato de que uma imagem digital pode ser processada de

forma a melhorar a qualidade e, conseqüentemente, auxiliar sobretudo para a informação diagnóstica.

Com o surgimento de novos exames de imagens médicas e sobretudo devido à popularização desses exames, houve grande aumento na geração de imagens médicas, sendo necessário o gerenciamento dessas informações auxiliado por computador (SABBATINI,1998).

Assim, para facilitar o gerenciamento no setor de radiologia surgiu, inicialmente, o conceito de Sistemas de Informações *Radiológicas (RIS - Radiology Information Systems)*. Os RIS facilitam o gerenciamento de pacientes, geração e distribuição de relatórios, a localização de filmes, a utilização dos recursos disponíveis e as rotinas de funcionamento do setor de radiologia, ressaltando-se, porém, que estes sistemas não trabalham diretamente com o dado imagens.

Na década de 1980, o conceito de RIS foi ampliado para sistema de arquivamento e comunicação de imagens, ou seja, Sistemas de Arquivamento e Comunicação de Imagem, (*PACS - Picture Archiving and Communication System*), que melhora a manipulação dos dados de imagem. O conceito coloca a necessidade do gerenciamento do dado de imagem, a importância de transferir imagens pela rede, a necessidade de compactar imagens para facilitar o armazenamento e a manipulação.

Em muitos lugares, as imagens são registradas e armazenadas em filmes. No caso da TC e IRM, cujas imagens são inerentemente digitais, estas são transferidas para o filme depois que os técnicos as tenham otimizado para a visualização. Na ultra-sonografia, as imagens são transferidas para videotapes, a fim de posteriormente efetuar a revisão e a interpretação (SABBATINI, 1998).

Sabe-se que o armazenamento de filmes requer grande espaço em um departamento de radiologia e que este tem a capacidade limitada, podendo armazenar filmes que tenham sido estudados nos últimos 6 a 12 meses, e que em

estudos mais antigos estes podem ser retidos por, no mínimo, 7 anos e estocados em salas especiais, geralmente situadas em porões (SABBATINI, 1998).

O armazenamento dessas imagens, existindo e sendo aquisição digital, dentro de um hospital representa inúmeras vantagens: ocupam pouco espaço físico, menor custo de material, redução do trabalho manual tradicional em relação ao manuseio dos filmes, rápida recuperação de imagens, possibilidade de transmissão de imagens através de redes (SABBATINI, 1998).

Devido às vantagens do gerenciamento de imagens, existem várias pesquisas desenvolvendo Sistemas de Arquivamento e Comunicação de Imagem, os PACS e um grande interesse da indústria nesta área de mercado, por ser geradora de lucro e apresentar possibilidades de significativo crescimento.

Parece, no entanto, que armazenar todos os dados de imagens médicas pode criar um grande problema de gerenciamento, pois o volume de dados gerado tende a ser grande. No caso de um hospital com 600 leitos, que realiza 125.000 procedimentos de imagens médicas por ano, poderá gerar centenas ou milhares de *gigabytes* de imagens no ano; por esse motivo a criação de PACS requer grandes investimentos em computador, *scanner* para aquisição de filmes, equipamento de armazenamento de grande capacidade, além de que, para possibilitar a comunicação de imagens de forma rápida é necessária a configuração de rede adequada, e para a redução do volume de dados são utilizados métodos de compressão de dados, sendo que neste último caso nem sempre as imagens devem ser compactadas a fim de que não corram o risco de detalhes importantes serem perdidos (SABBATINI, 1998).

Um dos problemas apresentados pelos primeiros PACS era que utilizavam sistemas proprietários, os equipamentos que geravam as imagens também proprietários, dificultando a troca de informações entre equipamentos, sistemas e instituições. Com objetivo de criar um método padrão para transmissão de imagens médicas, o National Electrical Manufacturers Association –NEMA e o American College of Radiology – ACR formaram um comitê em 1983, publicando em

1985 o padrão ACR-NEMA n.º 300-1985. O melhoramento veio na versão 3.0 em 1993 e o padrão passou a se chamar *Digital Image and Communications in Medicine* – DICOM. Este padrão, atualmente, promete não só permitir a transferência de imagens médicas entre equipamentos de diferentes fabricantes, mas também facilitar o desenvolvimento de PACS e a interface com sistemas de informação médica. O DICOM define atualmente objetos imagem, pacientes, estudo, relatórios e outros grupos de dados, podendo ser considerado como um padrão para comunicação através de dispositivos e sistemas heterogêneos.

Com objetivo de dar suporte ao diagnóstico médico, à pesquisa e ao treinamento de pessoal na área médica, pesquisas (ORPHANOUDAKIS, CHRONAKI, KOSTOMANOLAKIS, 1994; PETRAKIS, ORPHANOUDAKIS, 1993) têm colocado a importância de explorar e gerenciar as informações contidas na imagem médica.

O dado imagem médica é rico semanticamente e muita informação só pode ser observada por especialista na área de imagens médicas. Os detalhes são muito importantes; e a presença ou ausência de um detalhe pode significar a presença ou ausência de uma anomalia. É importante que a interpretação do exame seja bem feita e, por isso, os médicos necessitam de conhecimento e treinamento para que isto seja possível.

Alguns trabalhos colocam a importância do armazenamento e recuperação de imagens pelo seu conteúdo (ORPHANOUDAKIS, CHRONAKI, KOSTOMANOLAKIS, 1994; PETRAKIS, ORPHANOUDAKIS, 1993), compreendendo características extraídas da imagem (*área, perímetro, média dos níveis de cinza,...*) e relacionamentos entre os objetos contidos na imagem. A interpretação de uma imagem por um ser humano é muito particular, pois uma mesma imagem pode ser interpretada de diferentes formas. Este problema pode ser contornado pela utilização de conteúdo extraído da imagem.

Além de contornar o problema de interpretação, recuperar imagens médicas pelo conteúdo possibilita obter imagens com diagnósticos semelhantes e

até diagnósticos diferenciados para a mesma imagem, o que não aconteceria se a busca fosse baseada nas informações textuais.

Além disso, as vantagens da recuperação pelo conteúdo também são exploradas por outras áreas, como imagens de satélite, mapas cartográficos e meteorológicos e vídeo (SAMET, SOFFER, 1996; BERGMAN, CASTELLI, LI, 1997; ASLANDOGAN, YU, 1999; AL-KHATIB et al., 1999; HACID, DECLEIR, KOULOUMDDJIAN, 2000).

O conteúdo implícito e referente à imagem médica é muito amplo e importante, e detalhes podem gerar diagnósticos diferenciados. Considerar a semântica relacionada às imagens médicas permite refinar as pesquisas, possibilitando pesquisas através de outras informações da imagem médica (CHU et al., 1998).

Outro item importante considerado é a participação do especialista em melhorar a consistência dos dados armazenados. Em imagens médicas, ruídos são distinguidos na maioria das vezes apenas por especialistas, os quais somam conhecimentos em anatomia e experiência para gerar diagnósticos, pois imagens diferentes de um mesmo órgão podem apresentar “variações de normalidade”, ruídos podem ser confundidos com anomalias, anomalias diferentes podem apresentar imagens semelhantes, anomalias podem passar despercebidas por não especialistas; por esta razão o treinamento de especialistas é muito importante.

A qualidade da representação e a consistência dos dados é diretamente proporcional aos resultados obtidos (BATINI, CERI, NAVATHE, 1992).

Enfim, situações tais levam a pesquisas que colocam a possibilidade de evolução dos sistemas, pois as áreas médica, de imagem e de equipamentos estão em constante evolução. Além disso está a necessidade diferenciada entre as especialidades.

2.2 PROJETOS DE RECUPERAÇÃO POR CONTEÚDO

Dentro do campo de recuperação do conteúdo através dos dados da imagem, já existem alguns trabalhos significativos, como é o caso de:

- Recuperação através de conteúdo de imagem em outras áreas, e
- Recuperação de imagens médicas através de conteúdo de imagem.

2.2.1 Modelos de recuperação através de conteúdo da imagem

- Recuperação progressiva baseada em conteúdo de arquivos de imagens de satélite,
- Uma proposta de banco de dados para modelar e consultar dados de vídeo, e
- Modelagem semântica e representação de conhecimento em banco de dados.

2.2.1.1 Recuperação progressiva baseada em conteúdo de arquivos de imagens de satélite *“Progressive Content-based Retrieval from Satellite Image Archives”* (BERGAMAN, CASTELLI, LI, 1997).

Trata-se de um sistema para recuperação de imagens por satélite, que coloca:

- A importância de considerar a combinação de características de baixo nível, semântica e método;
- O problema de qualidade dos dados corretos;
- Que o trabalho pode ser aplicado com imagens fotográficas, imagens de satélite, imagens médicas;
- Os níveis de informação são: imagem crua (*pixel*), características (*forma, tamanho, espaço*), e semântica (*rótulos contidos na imagem*); e
- O esquema do Banco de Dados envolve quatro campos:
 - Tabela domínio: contém o domínio das imagens de satélite, ultra-som;

- Tabela imagem: contém uma entrada para cada imagem no Banco de Dados; para satélite tem data e tempo de aquisição e o instrumento usado para adquirir a imagem;
- Tabela objeto: contém descrições semânticas do objeto que foram pré-extraídas de uma imagem; e
- Tabela de características: características da imagem.

2.2.1.2 Uma proposta de banco de dados para modelar e consultar dados de vídeo “*A Database Approach for Modeling and Querying Video Data*” (HACID, DECLEIR, KOULOUMDJIAN, 2000).

É uma proposta de modelagem, escrever esquema de banco e determinar consultas aos dados de vídeo. Coloca:

- A necessidade de trabalho multidisciplinar;
- Dois níveis de dados: o de característica e conteúdo (*características visuais como cor, contorno*) e o semântico (*conceitual*);
- Que o banco de dados Orientado a Objeto se adapta melhor que os banco de dados tradicionais;
- Considerações e informações relacionadas ao conteúdo do vídeo;
- Que o modelo foi desenvolvido no espírito de modelos de dados semi-estruturados; e
- A proposta de um esquema não rígido.

2.2.1.3 Modelagem semântica e representação de conhecimento em banco de dados *multimídia* “*Semantic Modeling and Knowledge Representation in Multimedia Database*” (AL-KHATIB et al., 1999).

Trata-se de um modelo semântico e de representação de conhecimento que diz respeito ao estado de arte em modelagem de informação semântica de dado multimídia, que coloca:

- Que a abstração de dado é um componente essencial do processo de modelagem e requer uso de representação baseada em conhecimento e semântica espaço-temporal.

- Que desafios inerentes no desenvolvimento de banco de dados incluem extração de características, identificação de objetos salientes, desenvolvimento de modelos de dados eficientes que permitam indexação e recuperação baseada em conteúdo, formulação de consultas e processamento de consulta *fuzzy*.
- No nível de extração de características, considerações sobre características globais (*imagem toda*) e características locais onde regiões de interesse da imagem são segmentadas e as características desses objetos extraídas.
- Que incorporação de conhecimento sobre os objetos, combinado com características locais, podem prover mecanismos de busca e indexação mais robustos e precisos.
- Que escolhas de características, seus mecanismos de extração e processos de busca são específicos do domínio.
- Considerações sobre o nível de reconhecimento do objeto (*segmentação e comparação entre modelos*), onde apresenta a técnica de subtração (*a diferença no nível de intensidade entre a imagem e o modelo é usado no reconhecimento do objeto*), técnica de comparação de modelos deformáveis (*um modelo é representado como um bitmap descrevendo as características de contorno e borda de uma forma de objeto*).
- Representação do conhecimento espacial, ressaltando a importância na área clínica médica (por exemplo, *recuperar todas as imagens que contenham um grande tumor no cérebro, ou encontrar imagens onde a artéria principal esteja 40% bloqueada*).

2.2.2 Projetos de recuperação de imagens médicas através de conteúdo de imagem

Dentre os mais conhecidos estão: I2C Sistema para Recuperação de Imagens Médicas pelo Conteúdo, Buscando Similaridade em Banco de Dados de Imagens Médicas, Recuperação Rápida e Eficaz de Formas de Tumores Médicos, Metodologia para a Representação, Indexação e Recuperação de Imagens pelo

Conteúdo, e Recuperação de Imagem Baseada em Conteúdo com Construções Espaciais e Temporais.

2.2.2.1 I2C Sistema para recuperação de imagens médicas pelo conteúdo “I2C: A System for the Indexing, Storage, and Retrieval of Medical Images by Content” (ORPHANOUDAKIS, CHRONAKI, KOSTOMANOLAKIS, 1994).

O I2C é um sistema para indexação, armazenamento e recuperação de imagens médicas por conteúdo.

- Considera que agrega valores a PACS para suportar diagnóstico, treinamento de radiologistas e pesquisa.
- É modular e extensível, permitindo a inclusão de novos algoritmos de segmentação e representação da imagem.
- Fala sobre a dificuldade de gerenciamento da grande quantidade de dados.
- Fala da importância da integração de HIS, RIS E PACS.
- Fala sobre a vantagem de se recuperar imagens médicas pelo conteúdo (*diagnóstico igual ou diferente*).
- Considera a imagem como imagem lógica.
- Organiza as imagens em classes que são instaladas com o sistema e permite ao usuário modificar a hierarquia das classes. Para cada classe de imagem o sistema mantém um objeto classe que encapsula atributos relevantes a todas imagens na classe. Atributos de classe são algoritmos de segmentação, tipos de descrição, e informações gerais para imagem naquela classe. Colocando uma imagem em uma classe, sua imagem lógica é gerada e armazenada. Imagens podem ser movidas de uma classe para outra, e quando isto ocorre outra imagem lógica é gerada.
- Permite a incorporação de novas ferramentas gráficas, algoritmos de segmentação de descrição de conteúdo.
- Coloca o tipo de descrição para uma classe, e todas as imagens lógicas da classe serão geradas pelo mesmo tipo de descrição.

- Coloca que imagens podem ser importadas de RIS ou PACS para serem usadas em recuperação pelo conteúdo ou serem inseridas no I2C
- O I2C não gerencia grandes arquivos de imagens, mas somente imagens recentemente chamadas são armazenadas no arquivo local.
- Todas as referências a imagens no banco de dados lógico I2C envolvem imagem ID (*Um apontador, que facilita a ligação da imagem lógica com a imagem física*). Quando uma imagem é referenciada ou recuperada, o I2C olha seu ID e verifica se ela não está localmente; se não estiver, o sistema busca esta imagem do PACS de forma transparente.
- Inserção de imagem no I2C. Em uma inserção típica o I2C é acessado do RIS ou PACS; depois um conjunto de imagem é selecionado e as importantes aparecem no *browser*. O usuário seleciona a imagem a ser inserida no I2C e uma classe para ela. A imagem é carregada no tipo de descrição e cada tipo de descrição gera e armazena sua imagem lógica. A geração da imagem lógica pode ser automática ou interativa. O usuário pode colocar anotações a imagem ou as regiões da imagem
- No I2C, o conhecimento sobre o esquema do BD lógica e as estratégias de busca e recuperação associadas com um tipo específico de descrição é encapsulado no tipo de descrição particular a cada classe.
- Aceita evolução no sistema (*algoritmos*).
- No esquema aceita adicionar classes, mas estas não mantêm ligação com as anteriores.
- Afina os algoritmos com as imagens lógicas geradas, pois algoritmos diferentes podem gerar imagens lógicas diferentes .
- Não comenta sobre a importância de desenvolver um trabalho multidisciplinar.
- Não ressalta a importância da consistência da informação.
- Não comenta sobre a importância dos outros níveis de informação.
- Acha necessário semi-automatizar a atribuição de imagens as classes

2.2.2.2 Buscando similaridade em banco de dados de imagens médicas “*Similarity Searching in Medical Image Databases*” (PETRAKIS, FALOUTSOS, 1997).

Este artigo apresenta um método para representar as imagens baseado em grafo ARGS (*Attributed Relational Graphs*) e indexar a representação baseado em *R-tree*. Ele considera:

- Que as imagens são segmentadas em objetos dominantes, e contêm objetos esperados (*anatomia*) e objetos não esperados (*tumores, hematomas*), além de especificar que a quantidade de objetos esperados é fixa e a quantidade dos não esperados é variável.
- Que a descrição da imagem é dada em termos de propriedades dos objetos e relacionamentos entre os objetos. Em ARGS, os objetos são representados pelos nós do grafo e os relacionamentos entre os objetos são representados por arcos entre os nós. Tanto nós como arcos são rotulados por atributos correspondendo as propriedades dos objetos e relacionamentos.
- A metodologia independente de qualquer tipo de característica específica.
- Separadamente arquivo imagem contendo a imagem original, o arquivo grafo que contém o ARG em que cada registro neste arquivo consiste de (a) um identificador (o nome do arquivo imagem) correspondendo a imagem da qual o ARG foi derivado e (b) as características de cada objetos junto com seus relacionamentos; e a estrutura de dados *R-tree* que contém o arquivo que guarda todas as subimagens.
- Informação de Baixo nível (*imagem crua*) e nível intermediário (*objetos da imagem rotulados*).
- Coloca referência a um artigo que comenta a necessidade de integração das áreas de imagem e BD, faz críticas sobre outras representações (*A string 2D alarme falso e demissão falsa*), e escolhe características para exemplificar, mas ressalta que outras características podem ser adicionadas.

2.2.2.3 Recuperação rápida e eficaz de formas de tumores médicos “*Fast and Effective Retrieval of Medical Tumor Shapes*” (KORN et al., 1998).

Trata do problema de recuperar formas similares em grandes bancos de dados, focando formas de tumores e comentando sobre o volume de dados, sobre PACS e a necessidade de desenvolver algoritmos para buscar formas similares rapidamente a fim de auxiliar no diagnóstico. Tanto especialistas em radiologia como não especialistas poderão usar tal sistema para as seguintes tarefas:

- Diagnóstico e classificação: distinguir entre tumor primário ou secundário baseado na forma e no grau da mudança na forma relacionada ao tempo.
- Análise da evolução: prognosticar o grau de agressividade do processo patológico ou tentar distinguir uma histologia particular baseada em padrões de mudança na forma.
- *Data mining*: detectar correlações entre forma, diagnósticos, sintomas e dados demográficos e, assim, formar e testar hipóteses sobre o desenvolvimento e tratamento do tumor.

2.2.2.4 Metodologia para a representação, indexação e recuperação de imagens por Conteúdo “*Methodology for Representation, Indexing and Retrieval of Images by Content*” (PETRAKIS, ORPHANOUDAKIS, 1993).

Especifica uma metodologia para agregar valor aos PACS, colocando:

- A referência sobre imagens físicas armazenadas em banco de dados físico e imagens lógicas armazenadas em um banco de dados lógico.
- A representação da imagem em *string 2D* e cria um índice para melhorar a busca (*se considera como uma extensão do string 2D*).
- Que a eficiência de um banco de dados de imagens por conteúdo está ligado à representação correta da imagem.

2.2.2.5 Recuperação de imagem baseada em conhecimento com construções espaciais e temporais “*Knowledge-based Image Retrieval with Spatial and a Temporal Constructs*” (CHU et al., 1998)

Apresenta uma proposta baseada em conhecimento para recuperar imagens médicas através de características e conteúdo com construção espacial e temporal. Ele coloca:

- A necessidade de uma nova geração de sistemas inteligentes precisa emergir.
- Que os atuais PACS (*sistemas de arquivamento e comunicação de figuras médicas*) têm muitos *terabytes* de dados *on-line*, mas a pesquisa e o treinamento são limitados.
- Necessidade de buscar imagens médicas pelo conteúdo.
- Dificuldade de comparação exata devido à falta de dados.
- Objetos de interesse em imagens médicas são selecionados e segmentados, e contornos desses objetos são gerados. Características dos objetos e seus relacionamentos, aqui chamados de conteúdo, são armazenados em um banco de dados de característica e conteúdo. Conhecimento sobre as características da imagem podem ser expressas como uma estrutura hierárquica chamada de Hierarquia Tipo de Abstração (TAH - Type Abstraction Hierarchy). Os nós de alto nível de um TAH são de conteúdo mais genérico que os nós de baixo nível. O TAH pode ser gerado através de algoritmos de agrupamento, baseado em aplicações e classes dos usuários, e é sensível ao contexto e ao usuário.
- Um modelo imagem semântica baseado em conhecimento é proposto, consistindo de quatro níveis para representar os vários aspectos de um objeto de uma imagem (*nível cru, nível de característica e conteúdo, nível de esquema e nível de conhecimento*). O modelo permite consultas espaciais, evolucionárias e temporais.
- Previsão de evolução e comentário segmentação interativa.
- O relacionamento é especificado pelo domínio do especialista.

- Que o esquema representa as entidades e o relacionamento espacial entre os objetos e capturam o aspecto de evolução e temporal do banco de dados.
- Entidade visual: objetos em uma imagem são representados no nível esquema como entidade visual. A instância de um entidade visual consiste de atributos convencionais (*id do paciente, nome do médico, date*) no nível de dado cru e atributos visuais (*forma, tamanho, textura*) do contorno do objeto no nível de característica.
- Entidade *stream*: para representar múltiplas versões do objeto em um período de tempo.
- Nível de conhecimento: os atributos usados para classificação são sensíveis ao contexto e ao usuário. O nível de conhecimento é ligado ao nível de esquema.

2.2.3 Interpretação de Alto Nível

2.2.3.1 Projeto de sistemas inteligentes para o ensino de conceitos visuais “*Designing Intelligent Systems for Teaching Visual Concepts*” (DIRENE, 1997).

Este sistema coloca um tutorial para ensinar estudantes de radiologia, além da descrição da imagem em: *pixels* e informação simbólica, e descrição de alto nível dos conceitos.

2.2.4 Projetos que Implementam PACS

2.2.4.1 Projeto Brahms: Implementação de PACS no Hospital Brigham e Women (DAVIS, 1996)

O projeto de implementação de PACS, desenvolvido no Hospital Brigham and Women, é direcionado aos clínicos e não aos radiologistas. Ele propõe um sistema de imagens clínicas, que possibilitem ao cliente dos serviços

radiológicos do BWH acesso *on-line* às imagens radiológicas digitais e relatórios diagnósticos para consulta e revisão. O sistema inclui integração com o RIS.

2.2.4.2 Projeto PACS Global (MARTINEZ, 1995)

Este projeto apresenta um sistema distribuído para Consulta e Diagnóstico Remoto (*RCD - Remote Consultation and Diagnosis*). Neste, dois radiologistas em diferentes pontos geográficos podem contribuir no diagnóstico de uma mesma imagem referente a um paciente, em que a sessão RCD é armazenada com os dados do paciente. O projeto combina equipamentos de aquisição de imagens, estações de trabalho para a visualização, sistema de arquivamento de dados e redes de alta velocidade. O sistema contém três partes principais:

- a estação de trabalho local,
- a estação de trabalho remota, e
- o sistema de arquivamento de dados.

A estação de trabalho apresenta uma simples *interface* do usuário baseada em *X-Window* e se comunica com o sistema de arquivamento de dados para enviar e receber um conjunto de imagens para o diagnóstico. Os radiologistas podem fazer anotação na imagem local ou remotamente, as anotações são transferidas através da *Internet* ou qualquer rede privada.

2.2.4.3 Projeto e implementação de PACS em Genebra "*Design and Implementation of Geneva PACS*" (RATIB et al., 1994).

Coloca um sistema para o gerenciamento de imagens médicas radiológicas e não radiológicas. Ele é baseado em arquitetura aberta, utilizando sistema operacional Unix, protocolo de comunicação de redes TCP-IP, banco de dados Ingres, com o formato de armazenamento de imagem padrão o POPYRUS baseado no padrão DICOM. O sistema é parte do HIS de Genebra chamado DIOGENE.

2.2.4.4 O Software de Imagem OSIRIS “*The OSIRIS Imaging Software*” (LIGIER et al., 1994).

O OSIRIS é parte do projeto de PACS de Genebra. Foi projetado como um sistema para a análise e manipulação de imagens médicas. Ele é baseado em critérios como portabilidade, extensibilidade. O foco do sistema é permitir fácil visualização e manipulação de imagens de diferentes origens utilizando um programa genérico único. Ele foi distribuído ao mundo para ser aperfeiçoado.

2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE IMAGENS MÉDICAS

A descoberta do raio X na época de Röntgen trouxe grande avanço à medicina possibilitando ver os órgãos internamente e hoje é impossível desvincular o cotidiano médico da área de imagens médicas.

Em imagens médicas, os detalhes são muito importantes, pois a presença ou ausência de um determinado detalhe pode significar a presença ou ausência de uma doença (BALLINGE, 1997).

Os detalhes são importantes para determinar um diagnóstico mais preciso. Eles fornecem parâmetros, que em conjunto, com outros dados ou sozinhos, auxiliam o diagnóstico médico. Quanto mais detalhes uma imagem puder expressar, mais parâmetros serão fornecidos ao médico, aproximando-o do diagnóstico mais preciso. Uma importância dos detalhes expressos por uma imagem é o caso de fraturas que podem ser óbvias ao exame clínico, mas só através de radiografia é possível determinar precisamente a natureza e gravidade da lesão (ROGERS, JUHL, GRUMMY, 1997).

Quando uma determinada investigação não expressa todos os detalhes que o médico necessita, exames auxiliares podem ser determinados. Um exemplo, pode ser o caso de fraturas dos membros inferiores, onde as radiografias simples são mais utilizadas para diagnosticá-las e tratá-las. Porém, quando a suspeita é de lesão intra-óssea, ligamento, são necessários estudos adicionais, utilizando-se a IRM, que proporciona maior resolução (STIMAC, KELSEY, 1994). SUTTON (1997) comenta que a ultra-sonografia devido o baixo custo, não ser invasiva, não usar radiação, é usada na investigação da maioria das doenças cardíacas, mas, quando os resultados são duvidosos, é imprescindível a utilização de IRM.

As imagens médicas podem apresentar ruídos, que são erros que aparecem junto à imagem. Cada modalidade de imagem tem seus ruídos específicos. Um exemplo de ruído pode ser visto em WICKE (1997), onde a mão radiografada apresenta um objeto circular, um anel; o anel é um ruído e não deve ser considerado no diagnóstico. Este exemplo é fácil de ser identificado até por leigos, mas alguns ruídos só são identificados através da análise minuciosa de um especialista.

Uma característica inerente às imagens médicas é a variação de normalidade, onde imagens diferentes da mesma região são consideradas normais. Um exemplo de diferença pode ser observado em BALLINGER (1997).

As informações presentes nas imagens como ruídos, detalhes importantes e variações de normalidade, exigem olhos experientes para interpretá-las.

Considerando a interpretação de STIMAC, KELSEY (1994), eles colocam que:

“o maior detalhe anatômico evidenciado pela TC em relação às radiografias convencionais exige profundo conhecimento da estrutura anatômica em planos e compreensão do aspecto normal da TC para cada parte do corpo”, e ainda “a interpretação da ultra-sonográfica pressupõe um sólido conhecimento de relações anatômicas, uma vez que alguns limites tais como osso e o intestino não são visualizados com facilidade. As estruturas têm que ser identificadas por suas características ecóicas e por suas relações espaciais com outras estruturas identificadas. As anormalidades podem ser identificadas por seu aspecto ou inferidas a partir do deslocamento das estruturas adjacentes normais. A ultra-sonografia depende, mais do que qualquer outro exame diagnóstico da habilidade das observações de quem avalia o exame. Em muitos casos, somente o ultra-sonografista é capaz de explicar de forma confiável as imagens, uma vez que ele possui conhecimento adicional sobre a localização e a orientação do tradutor e sobre o aspecto de estruturas próximas não mostradas na imagem. Além disso, ele deve determinar em que momento a região foi avaliada com adequação. Conseqüentemente, o ultra-sonografista tem a responsabilidade de realizar um exame minucioso e de comunicar os achados diretamente ao clínico.”

Tão importante quanto os detalhes é saber identificar e descartar os ruídos o que, na maioria das vezes, só é possível com o suporte de especialistas em imagens médicas, pois o que pode parecer a um leigo um ruído pode ser uma característica importante, o que pode parecer importante pode ser um ruído, o que pode parecer fora da normalidade pode ser normal (STIMAC, KELSEY (1994); SUTTON (1997); DIRENE (1997)).

Geralmente as diferenças descritas acima são vistas apenas com olhos bem treinados de um médico especialista em análise de imagens médicas; é necessário, além do conhecimento acadêmico com estudo da anatomia e das técnicas, a experiência e o treino (SUTTON (1997); DIRENE (1997)).

A interpretação de uma imagem pode envolver não só a imagem, mas também dados relacionados à imagem como idade, origem, localidade do paciente. ROGERS, JUHL, GRUMMY (1992, p. 111) colocam que característica como idade é valiosa na determinação de um diagnóstico de tumor ósseo. Ele coloca:

“a idade do paciente constitui um excelente indicador isolado do tipo de tumor encontrado. Por exemplo, o neuroblastoma metastático é um tumor maligno mais comum no primeiro ano de vida, enquanto entre um e 20 anos o tumor de Ewing é encontrado em ossos tubulares. Entre os 10 e os 30, o osteossarcoma e o tumor de Ewing são encontrados nos ossos chatos. Após os 40 anos, são mais prováveis o carcinoma metastático, o mieloma múltiplo.”.

Eles também colocam a importância da consideração da idade, na investigação da maturação esquelética. ROGERS, JUHL, GRUMMY colocam (1992, p. 23,24) :

“a determinação radiográfica da idade óssea é útil na determinação da idade fisiológica, no potencial de crescimento e na previsão da estatura adulta. As variações entre a idade fisiológica (*conforme a maturidade do esqueleto*) e a idade cronológica são clinicamente importantes. As pessoas com doenças na infância e distúrbios responsáveis por anormalidade de crescimento mostram diferenças entre idade óssea e idade cronológica.”.

Outros dados como sexo e raça, também, devem ser considerados na análise da maturação esquelética, ROGERS, JUHL, GRUMMY (1992, p. 25) colocam:

“a maturação esquelética das crianças negras norte-americanas geralmente excede a das crianças brancas norte-americanas em cerca de 0,5 desvio-padrão em cada local avaliado”.

As informações são importantes na interpretação de exames imagens e, também, podem ser o gerador de um exame imagem. Um exemplo é a vinculação de exames periódicos à idade, sexo do paciente, como a indicação de mamografia para mulheres acima dos 40.

2.3.2 Modalidades de Exames

Existem várias modalidades de exames que geram imagens médicas, e as pesquisas são crescentes nesta área.

Algumas modalidades são: radiografia simples, Imagem por Ressonância Magnética, Tomografia Computadorizada.

2.3.2.1 Radiografia Simples

Na radiografia convencional um gerador de raios X é utilizado para a produção de um feixe limitado ou colimado na faixa desejada de energia, que atravesse o paciente e imprima o filme radiográfico

Como resultado proporciona excelente resolução espacial e discriminação da densidade. Permite uma avaliação rápida para o diagnóstico de fraturas traumáticas, infecções e tumores. A radiologia simples pode ser usada para mostrar fraturas, anormalidades metabólicas, metástases tumorais, anomalias congênitas. São preferidas a TC e a RM que revelam melhor lesões associadas a tecidos moles (*lesões intracranianas*) (STIMAC, KELSEY, 1994).

2.3.2.2 Imagem por Ressonância Magnética

A IRM se baseia no fato de que alguns núcleos, com elétrons alterados, comportam-se como minúsculos magnetos. Os núcleos de hidrogênio estão sujeitos, uma vez que eles estão presentes em grande número nos tecidos corporais. O uso de um campo magnético externo forte vai forçar os núcleos a se alinharem em um novo eixo magnético, diferentes de sua orientação anterior. A IRM além de um grande magneto, usa também pulsos de rádio-ondas. Os pulsos detectam os núcleos magnetizados e um pulso de uma determinada frequência desloca-os de seu novo alinhamento. Quando param os pulsos, os núcleos voltam ao alinhamento e liberam a energia absorvida como rádio-sinal de mesma frequência. O sinal retornado é proporcional à concentração de núcleos e através dessa informação forma-se a base para o registro digital do conteúdo de núcleos dos tecidos que estão sendo examinados. O registro digital é convertido pelo computador em uma imagem analógica, apresentada em um tubo de raio catódico em sombreamentos variados de preto e branco (SUTTON, 1997). SUTTON (1997) coloca como resumo “o sinal da ressonância magnética, sobre o qual a imagem está baseada, é produzido por um pulso de radiofrequência que retornou dos prótons estimulados por radiofrequência em tecidos magnetizados.

Proporciona grande contraste tecidual e alta resolução espacial. Pode ser aplicada com sucesso para obter imagens de massa no tecido mole, tumores ósseos, doenças articulares e distúrbios na medula óssea. Sua utilização não é mais popular pelo alto valor dos equipamentos de IRM. Além da desvantagem do preço dos equipamentos, a IRM é incapaz de produzir imagens ósseas e de cálcio, também é limitada para pacientes que utilizam marca-passo cardíaco, grampos metálicos e implantes (STIMAC (1994) e SUTTON (1997)).

2.3.2.3 Tomografia Computadorizada

Na TC feixes de raios X e um sistema de detectores são utilizados para medir atenuação dos raios X (*absorção e dispersão*) em um série de projeções do feixe através do paciente. Um computador então emprega técnicas de reconstrução matemática para calcular um valor dentro de uma escala de tons de cinza para cada *pixel* do corte. A ampola de raio X produz um feixe em forma de leque que atravessa uma secção (*corte*) do paciente. Este feixe em forma de leque é recebido por um arranjo circular de detectores do lado oposto ao feixe. Estes detectores recebem raios X ativados durante sua passagem ao longo de um trajeto específico através do corpo do paciente. O detector e a fonte de raios X rodam em torno do eixo, produzindo exposição a intervalos de 1 grau de rotação (STIMAC, 1994).

O maior detalhe anatômico evidenciado pela TC em relação às radiografias tradicionais exige profundo conhecimento da estrutura anatômica em planos e compreensão do aspecto normal da TC para cada parte do corpo. Ela é útil na avaliação de fraturas e na disseminação contígua de alterações ósseas para os tecidos moles ou cavidade medular. Pode ser útil no estudo da localização intramedular de lesões ósseas; porém, as radiografias simples e a RM geralmente são mais eficazes. Ela é também usada para verificar alterações de densidade óssea associadas ao envelhecimento e ao tratamento com medicamento. As radiografias simples são mais eficazes para mostrar fraturas, anormalidades metabólicas e tumores metastáticos na calota craniana, porém a TC mostra melhor as anormalidades intracranianas. Na face, a TC mostra melhor fraturas, tumores, infecções (SUTTON, 1997).

Quanto melhor a qualidade de um exame, mas facilmente se chegará a um diagnóstico preciso. Em muitos casos os exames são afinados para cada região do corpo e também para doenças específicas; cada exame tem sua particularidade (SUTTON, 1997). Dependendo da necessidade, pode ser indicado um exame específico ou até mesmo mais de um exame.

Para o tórax são indicados exames como raio X simples, tomografia computadorizada, imagem por ressonância magnética. SUTTON (1997) coloca que a radiografia simples do tórax é realizada como rotina em todos os pacientes com suspeita de doença torácica; porém a TC é um método mais sensível do que o raio X simples na identificação de pequenas metástases pulmonares. Sobre a IRM ele coloca:

“Sua capacidade de mostrar cortes nos planos sagital, coronal e axial e sua capacidade mostrar estruturas vasculares sem uso de injeção de contraste lhe dão vantagens em relação à TC”.

No trato biliar, fígado e pâncreas, raio X simples, ultra-sonografia, tomografia computadorizada (TC), imagem por ressonância magnética (IRM). Com relação ao trato biliar, o emprego do raio X pode mostrar os cálculos opacos da vesícula, entretanto os não opacos não serão diagnosticados por raio X simples e vão requerer estudos contrastados ou exames ultra-sonográficos para sua demonstração.

Para a parte óssea, a radiografia simples proporciona excelente resolução espacial e discriminação da densidade, permitindo avaliação rápida. O raio X simples do crânio pode mostrar fraturas da calota, dos ossos faciais, mas a TC e a IRM são melhores quando a lesão é intracraniana. Com relação aos membros inferiores STIMAC (p. 285,1994) coloca:

“a fratura de uma extremidade inferior pode ser solitária ou uma de muitas lesões. As radiografia simples são mais baratas, facilmente obtidas em múltiplas incidências e mostram melhor as linhas de fraturas. Assim, usa-se radiografia simples para diagnosticar a maioria das fraturas. Quando há suspeita de lesão intra-óssea (*cavidade medular*), ligamentar ou vascular, são necessários estudos adicionais. A IRM proporciona maior resolução do contraste e mostra o edema e a hemorragia associados às fraturas intra-ósseas e a lesão do tecido mole e dos ligamentos. A IRM também informa mais e é menos invasiva na avaliação da lesão articular.”

Neste item 2.3 sobre imagens médicas, observa-se a importância do médico especialista em imagens médicas na interpretação das informações contidas neste tipo de dado devido à sua complexidade. Outro fato verificado foi a relevância de todo o conjunto de dados relacionado à imagem médica, sendo o diagnóstico decorrente deste conjunto e não de dados isolados.

2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE BANCO DE DADOS

2.4.1 Modelo de Dados

O Modelo de Dados Entidade de Relacionamentos ER é uma ferramenta para projeto conceitual de banco de dados. Ele foi introduzido por Peter Chen em 1976 e é amplamente utilizado por projetistas. Extensões são propostas ao modelo original para comportar novas necessidades (BATINI (1992) e CHEN (1999)). Os componentes do modelo ER estão representados na figura 8.


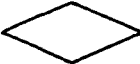
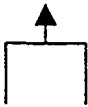
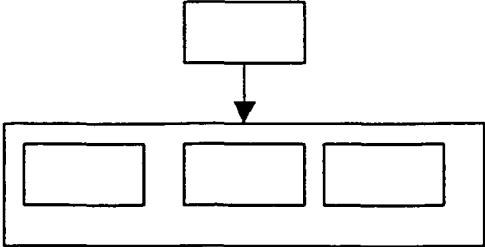
Identificação:	Simbologia
Entidade	
Relacionamento	
Generalização	
Agregação	

FIGURA 8 – SIMBOLOGIA UTILIZADA EM ER (Fonte: Batini, 1992).

2.4.2 Dados Semi-estruturados

Banco de Dados Semi-estruturados ocorrem quando a estrutura não é conhecida pelo usuário, ou quando o usuário conhece a estrutura, mas escolhe ignorá-la. Nestes bancos de dados não há noção de esquema preciso ou explícito.

A natureza do dado semi-estruturado é diferente dos bancos de dados tradicionais. Alguns cenários envolvem extração de dados de diversos repositórios através da Internet e integram dados de origens heterogêneas. Estas tarefas são difíceis de serem feitas, porque há somente um conhecimento parcial da estrutura (LEE et al., 1999).

2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PADRÃO DICOM

2.5.1 Considerações Iniciais

O DICOM é um padrão para comunicação de imagens médicas digitais. Ele permite transferir imagens médicas entre equipamentos de diferentes fabricantes que utilizam o padrão. Ele apresenta um modelo com objetos que representam objetos do mundo real relacionados a imagens médicas, o que favorece a construção de PACS.

2.5.2 Histórico

A idéia inicial da criação do padrão DICOM veio da necessidade de possibilitar a comunicação de imagens médicas e dados relacionados entre equipamentos de diferentes fabricantes.

Em 1983 o ACR - *American College of Radiology* e o NEMA - *National Electrical Manufactures*, formaram um comitê com o objetivo de criar um método padrão para transmissão de imagens médicas e informações associadas. Em 1985 o ACR-NEMA publicou a primeira versão do padrão, porém como apresentava muitos erros não teve boa aceitação. A versão 2.0 foi publicada em 1988, especificou padrão de terminologia, estrutura de informação, mas não apresentava suporte à rede o que a limitava. A publicação mais ampla, incluindo suporte à rede surgiu na versão 3.0 em 1993; o padrão recebeu o nome de DICOM - *Digital Imaging and Communication in Medicine*.

O padrão está em constante evolução e existem grupos de pesquisas em áreas diversas do padrão contribuindo para isso.

2.5.3 Objetivos

O objetivo do DICOM é arquivar compativelmente e melhorar a eficiência do fluxo de trabalho entre sistemas de imagens e sistemas de informação na área de saúde no mundo. O DICOM é uma cooperativa com grupos de trabalho nas áreas de informação vascular e cardíaca, ultra-som, mamografia digital, entre outros.

O DICOM apresenta cinco áreas primárias de funcionalidade transmissão e persistência de objetos completos (*imagens, documentos*), consulta e recuperação de tais objetos, desempenho de ações específicas, tal como, impressão de imagem em filme, gerenciamento do fluxo de trabalho, qualidade e consistência da aparência de imagem (*tanto na visualização quanto na impressão*) (DICOM 1, 2001).

2.5.4 Organização do Padrão

O padrão DICOM é documentado em partes para facilitar a extensão do padrão, especifica protocolo de rede TCP/IP, define objetos de informação não só para imagens, mas também para paciente, estudo e relatórios, como segue:

Parte 1 "*Introduction and Overview*" (PS 3.1): coloca considerações sobre o objetivo, o escopo do padrão. Apresenta uma visão geral do padrão, um resumo das demais partes e as ligações entre elas.

Parte 2 “*Conformance*” (PS 3.2): descreve o processo de criação de um documento o *conformance Statement*; este descreve as adaptações e o conteúdo que está implementado em cada equipamento padronizado com a estrutura DICOM.

Parte 3 “*Information Object Definitions*” (PS 3.3): apresenta o modelo de informação. Esta parte especifica classes de objetos de informação que dão uma definição das entidades do mundo real aplicáveis a comunicação de imagem digital. Cada classe consiste da definição do seu propósito e atributos.

Parte 4 “*Service Class Specifications*” (PS 3.4): especifica as classes de serviços, que são operações sobre as instâncias dos objetos da Parte 3. Os serviços incluem: armazenamento, recuperação e impressão de imagem.

Parte 5 Data “*Structure and Encoding*” (PS 3.5): especifica o formato de como os dados são agrupados para que possam ser trocados através das mensagens definidas na parte 4.

Parte 6 “*Data Dictionary*” (PS 3.6): define as estruturas individuais dos atributos que representam o conteúdo das instâncias dos objetos definidos na Parte 3 e agrupados na Parte 5.

Parte 7 “*Message Exchange*” (PS 3.7): especifica um protocolo para troca de mensagens. Esta parte especifica o “*DICOM Message Service Element (DIMSE)*”. DIMSE define serviço e protocolo usado por um par de entidades de aplicação DICOM com o propósito de trocar imagens médicas e informação relacionada. O protocolo DIMSE define regras de codificação necessárias para a construir mensagens.

Parte 8 *“Network Communication Support for Message Exchange”* (PS 3.8): define serviços e protocolos nível acima, necessários para suportar a comunicação de AE (entidade de aplicação DICOM) em uma área de rede. Os serviços e protocolos especificados garantem que a comunicação de EA DICOM seja feita de maneira eficiente e coordenada através da rede. Ela permite que AE estabeleçam associação, transferência de dados e terminem associação.

Parte 9 *“Point-to-Point Communication Support for Message Exchange”* (PS 3.9): desativada.

Parte 10 *“Media Storage and File Format for Media Interchange”* (PS 3.10): padroniza arquitetura de mídia de armazenamento. Especifica um modelo geral para armazenamento de imagens médicas em mídia removível. Permite a troca de vários tipos de imagens médicas e informações relacionadas em um amplo rol de mídias de armazenamento.

Parte 11 *“Media Storage Application Profiles”* (PS 3.11): a intenção é desenvolver necessidades clínicas como mídia de armazenamento.

Parte 12 *“Media Formats and Media Physical for Media Interchange”* (PS 3.12): facilita a troca de informações entre sistemas que armazenam imagens médicas. Esta troca melhora o diagnóstico. Especifica a estrutura para descrição dos relacionamentos entre *“Modelo Storage Media”*, uma mídia física específica e um formato mídia. Especifica características de mídia física e formato de mídia associados.

Parte 13 *“Print Management Point-to-Point Communication Support”* (PS 3.13): gerenciamento de impressão. Descreve serviços e protocolos necessários para permitir que informações sejam trocadas entre dois dispositivos para permitir a impressão da imagem em papel ou filme.

Parte 14 *“Grayscale Standard Display Function”* (PS 3.14): especifica uma função de visualização padronizada para visualização de imagens em tons de cinza.

Parte 15 “*Security Profiles*” (PS 3.15): especifica perfis de segurança. O DICOM somente prove mecanismos que possam ser usados para implementar política de segurança, considerando a troca de objetos DICOM em entidades de aplicação (DICOM 2, 2000).

2.5.5 Visão Geral da Estrutura

O Modelo de Informação DICOM define a estrutura e organização das informações relacionadas à comunicação de imagens médicas. A figura 9 mostra os relacionamentos entre as estruturas maiores do Modelo de Informação DICOM.

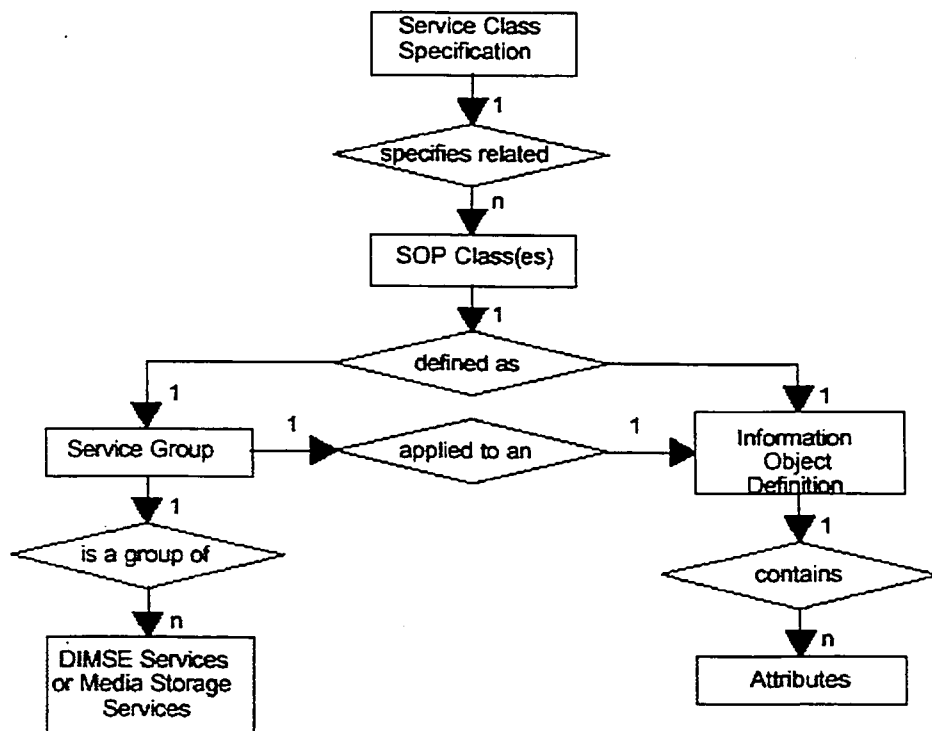


FIGURA 9 - ESTRUTURA MAIOR DO MODELO DE INFORMAÇÃO DICOM.
(Fonte: <http://medical.nema.org/dicom.html>, (DICOM 2, 2000))

2.5.6 Descrição da Parte 3 do Padrão

Esta parte do padrão, apresenta o Modelo de Informação DICOM. Ela especifica um conjunto de objetos, “*IOD - Information Object Definitions*”, que dão uma visão abstrata dos objetos do mundo real aplicáveis à comunicação de informação médica digital.

2.5.6.1 Modelo Informação IOD Instância Composite DICOM

Um “*IOD composite*” inclui informações sobre objetos do mundo real relacionados. Para representar os relacionamentos entre as entidade de informação, “*IE Information Entities*”, o DICOM utiliza o Modelo Entidade de Relacionamento, o ER. A figura 10 mostra a representação do Modelo Informação IOD Instância Composite DICOM.

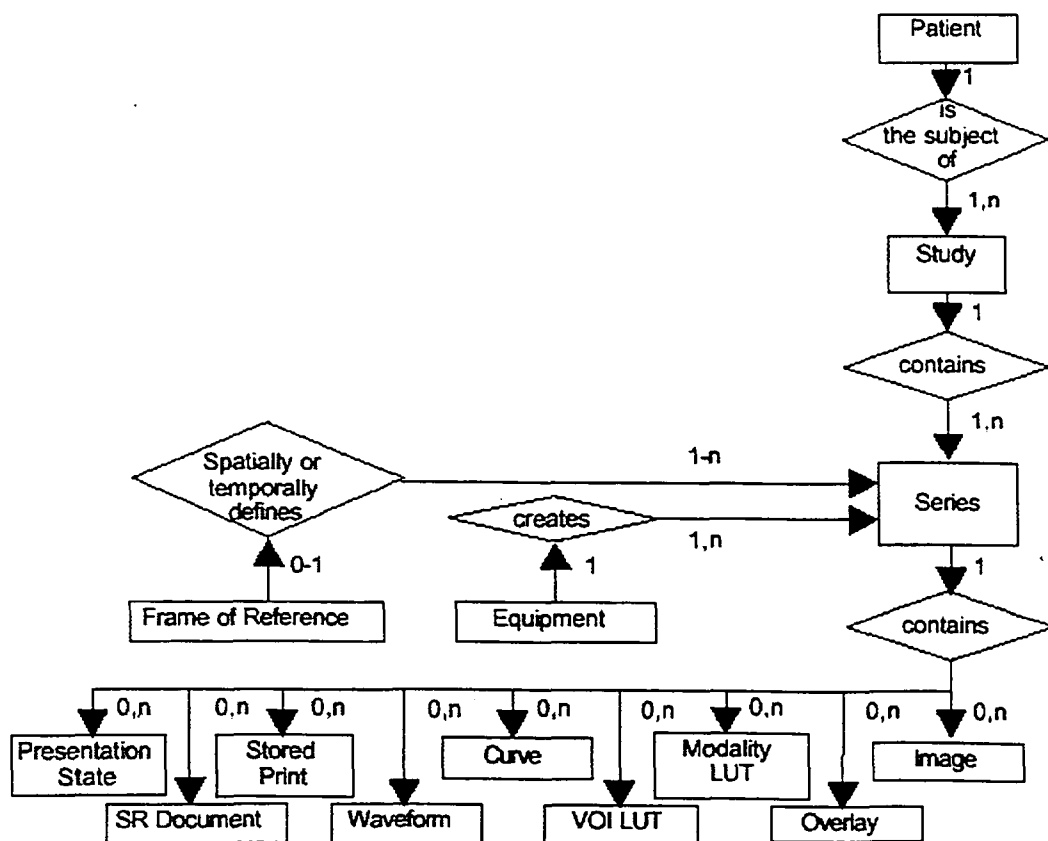


FIGURA 10 – MODELO DE INFORMAÇÃO DICOM. (Fonte: <http://medical.nema.org/dicom.html>, (DICOM 2, 2000))

- Entidade Paciente, *Patient* IE:

A Entidade Paciente define as características de um paciente sujeito de um ou mais estudos médicos que produz imagens médicas.

- Entidade Estudo, *Study* IE

O estudo define as características de um estudo médico realizado em um paciente. Um estudo se relaciona a uma ou mais séries de imagens médicas. Cada estudo está relacionado a apenas um paciente.

- Entidade Série, *Series* IE

Esta entidade está associada a somente um estudo. Uma série pode se relacionar a nenhuma ou mais imagens.

- Entidade Imagem, *Image* IE

Esta entidade define atributos que descrevem o dado *pixel* de uma imagem. O dado *pixel* pode ser gerado direto (imagem original), ou pode ser derivado de uma ou mais imagens. Uma imagem está relacionada a uma única série com um único estudo.

Enfim, dos trabalhos relacionados à manipulação das informações contidas nas imagens, destacam-se o I2C (ORPHANOUDAKIS, CHRONAKI, KOSTOMANOLAKIS, 1994) que trata da imagem armazenada por conteúdo e o trabalho de CHU et al. (1998) que coloca a importância dos dados complementares para consultas qualitativas. No item 2.3 foi demonstrada a relevância da participação do especialista no processo de obtenção das informações imagens médicas, bem como a importância de todo o conjunto de dados relacionados a elas. O modelo gráfico ER e o esquema do DICOM foram expostos. Estes conceitos formaram a base para a construção da arquitetura que será apresentada no capítulo 3.

3 ARQUITETURA PARA CONSTRUÇÃO DE SISTEMAS DE BANCO DE DADOS DE IMAGENS MÉDICAS

Esta dissertação apresenta uma arquitetura para a construção de um sistema de banco de dados de imagens médicas, a fim de poder recuperar dados de imagens médicas através do seu conteúdo e de informações relacionadas à imagem. Além disso, representa as informações contidas na imagem médica dividida em níveis, a representação do nível de característica e o esquema do banco de dados.

3.1 REPRESENTAÇÃO DOS NÍVEIS DE INFORMAÇÃO DA IMAGEM MÉDICA

A imagem médica é rica em informações e contém dados próprios a ela. Quanto mais informações de qualidade puderem ser extraídas da imagem médica mais aproximado será o diagnóstico. No trabalho de CHU et al. (1998), é colocado como a falta de informações relacionadas à imagem médica, prejudica consultas futuras. Pelo estudo das imagens verificou-se que a falta de informações referentes à imagem médica também pode gerar inconsistência de dados, pois imagens médicas semelhantes podem apresentar diagnósticos diferenciados. Uma imagem pode apresentar uma característica que pode ser normal ou anormal dependendo dos dados relacionados a ela. No caso por exemplo da figura 11, a variação no centro de ossificação em crianças é normal. Imagens semelhantes podem apresentar anomalias diferentes, como é o caso do padrão de destruição geográfica, que é mais comum em tumores benignos mas que pode estar presente em tumores malignos (RESNICK, 1995). A imagem da figura 11 apresenta irregularidade normal de ossificação, que pode ser confundida com um trauma ou osteochondrosis.



FIGURA 11 - TÍBIA. Apresenta um variação na aparência do centro de ossificação do tubérculo tibial em um adolescente (Fonte: RESNICK, 1995).

Fazem parte das imagens médicas: a imagem crua, os dados de identificação da região estudada (*lado esquerdo do crânio, joelho, incidência AP do quadril, radiografia AP do fêmur, mão esquerda*), e os dados de interpretação da imagem. As informações referentes ao exame são: modalidade (RS, IRM, TC), dados do paciente, do médico, do estudo e do diagnóstico. As informações pertencentes às imagens médicas foram divididas em níveis, considerando o baixo nível, e o nível de característica, também tratados no I2C (ORPHANOUDAKIS, CHRONAKI, KOSTOMANOLAKIS, 1994) e em CHU et al. (1998). Visto que os dados complementares são importantes tanto para a consistência da imagem médica, como para permitir consultas mais completas, foram colocados o nível de interpretação e o nível de referência considerados por CHU et al. (1998). No trabalho de CHU et al. (1998), o nível de característica é agrupado com as informações relacionadas à imagem médica no nível de esquema. Esta dissertação trata os níveis como unidade de informação, assim pode haver mais de uma ocorrência de alguns níveis para a mesma imagem; por exemplo uma imagem médica pode ter mais de um conjunto de características. Dois níveis foram acrescentados: o nível semântico e o nível de segmentação.

Os níveis estão representados na figura 12, onde cada nível representa uma categoria de informação. Eles são: baixo nível, nível semântico, segmentado, características, interpretação e referência. Alguns níveis são base para a geração de outros, como o nível de segmentação e o nível semântico que são base para o nível de característica. Os níveis transportados para o esquema podem representar uma ou mais entidades. Para consultas os níveis podem ser usados em conjunto ou separadamente, e quanto mais níveis mais próxima da imagem original e também mais complexa a consulta.

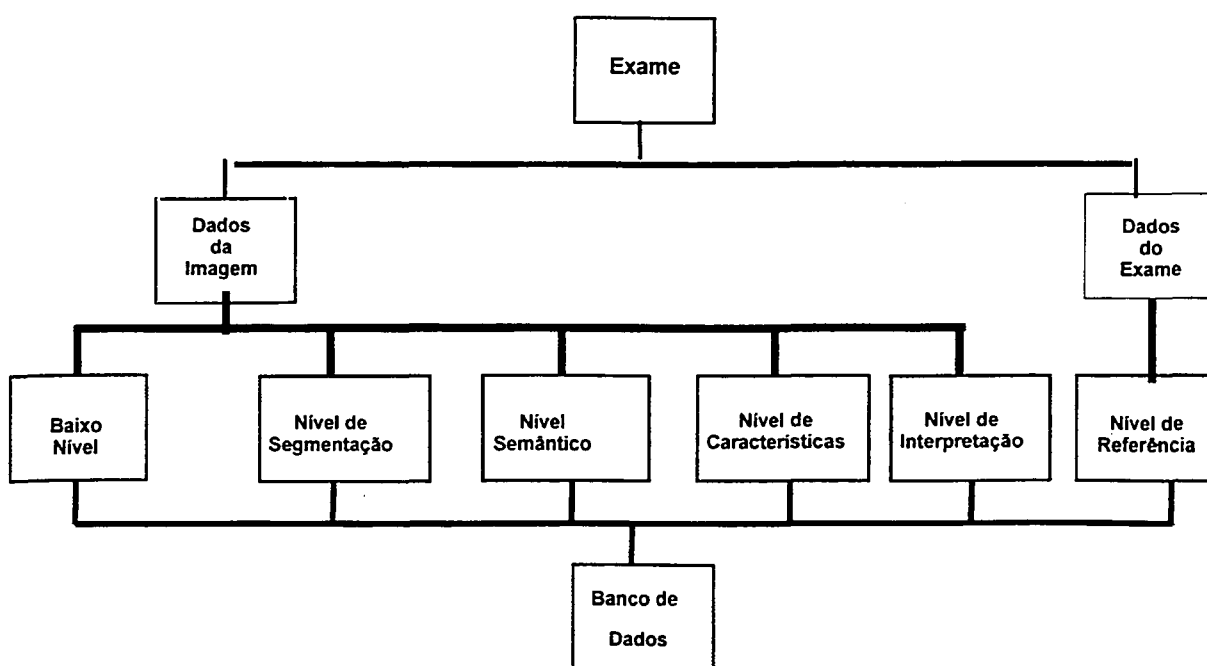


FIGURA 12 - REPRESENTAÇÃO DOS NÍVEIS DE INFORMAÇÃO DA IMAGEM MÉDICA.

- Baixo nível - Este nível corresponde à imagem física (*matriz de pixels*), também chamada de imagem crua, e corresponde à imagem original do exame. Ela é dado de entrada para a segmentação. Um exemplo dessa é a figura 11.

- Nível segmentado – Este nível corresponde aos objetos segmentados da imagem devidamente rotulados. Os dados de origem da imagem segmentada são a imagem crua e os dados semânticos da imagem. O nível segmentado considera a imagem crua segmentada em seus objetos componentes. O armazenamento deste nível permite extrair características novas de uma imagem sem a necessidade de segmentá-la novamente. Ele pode ser exemplificado pela figura 13.



FIGURA 13 – TÍBIA SEGMENTADA. Tibia referente à figura 11, segmentada.

- **Nível de características** - Neste nível são extraídas as características dos objetos segmentados e rotulados. Elas se dividem em características dos objetos, como tamanho, forma, média dos níveis de cinza e características referentes ao relacionamento do objetos, como distância entre os objetos, posição dos objetos. As características são extraídas da imagem segmentada, que podem mudar dependendo da necessidade de adaptação a determinada região da anatomia ou a determinada especialidade médica. Esta necessidade de adaptação também foi colocada por CHU et al. (1998). A figura 14 representa o nível de característica da figura 13, cuja representação foi baseada em PETRAKIS, FALOUTSOS (1997).

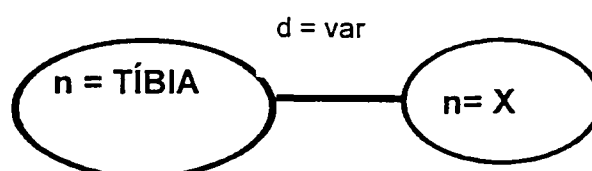


FIGURA 14 – REPRESENTAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA FIGURA 13 (n = identificação, d = distância).

- **Nível de interpretação** - representa as características de alto nível da imagem, resultantes da interpretação do especialista, características como próximo, longe, dentro, conforme CHU et al. (1998).

Parte da anatomia	Descrição
Tíbia	normal

TABELA 1 – INTERPRETAÇÃO DA FIGURA 13.

- Nível de referência – apresenta dados referentes à imagem e ao exame como um todo. São informações como paciente, estudo, médico, modalidade, que podem aproximar um diagnóstico, como por exemplo a idade, que é um dado muito importante para diferenciar uma anomalia de uma imagem normal, ou diferenciar uma anomalia de outra. Neste nível são consideradas, também, algumas entidades apresentadas no padrão DICOM, como paciente, estudo, série e imagem. Isto facilita a integração deste com outros sistemas ou modelos que utilizem o mesmo padrão.
- Nível semântico - contém os rótulos utilizados pelos níveis de segmentação, características e interpretação. Os rótulos são partes da anatomia (*fêmur, tíbia*), nomenclatura de exames (*Rx AP do fêmur*), anomalias (*Osteocondrosis*), que são utilizados pelos outros níveis.

A representação do nível de característica em forma grafo foi baseada em PETRAKIS, FALOUTSOS (1997). A figura 15 coloca um exemplo da representação em forma de grafo, em que foram acrescentadas as linhas direcionais indicando onde os objetos estão contidos e linhas sem direção para indicar objetos no mesmo nível. Esta forma de representação foi avaliada por PETRAKIS, FALOUTSOS (1997) e apresentou vantagens em relação, por exemplo, a representação em *string 2D*. No artigo sobre grafos (PETRAKIS, FALOUTSOS, 1997) existe um arquivo de grafos onde cada registro armazena a identificação de cada grafo, suas características e o relacionamento com os demais. Neste trabalho eles são transportados para o modelo ER, sendo representados por uma entidade que guarda as características dos objetos em questão e um relacionamento.

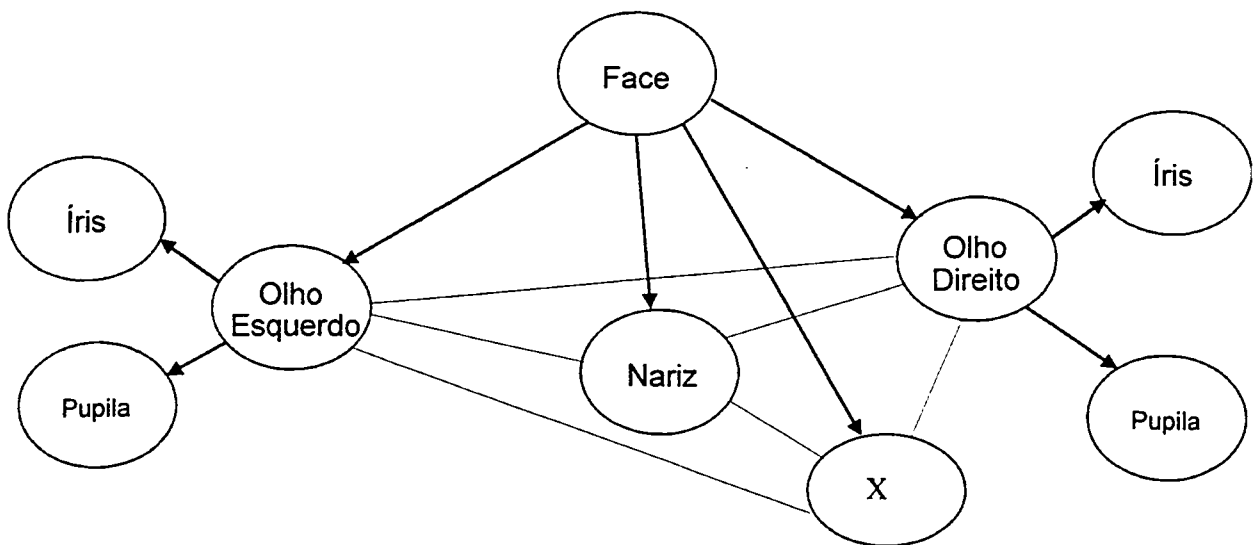


FIGURA 15 – REPRESENTAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA IMAGEM EM FORMA DE GRAFO.

1. Características do objeto:

- Identificação do objeto = pode ser fixo (*parte da anatomia*) ou variável (*tumores, anomalias*),
- Tamanho = área proporcional,
- Forma = contorno, e
- Peso = média dos níveis de cinza.

2. Características dos relacionamentos:

- Objeto imagem pode conter outro objeto(s) imagem e/ou estar contido (*agregação*) = distância e direção,
- Distância proporcional entre os objetos, e
- Posição do objeto (*ângulo*).

Observa-se, pois, que a organização das informações relacionadas ao dado imagem médica em níveis possibilita consultas mais completas e dados mais consistentes em virtude de considerar todos os dados pertinentes à imagem médica. No item a seguir será apresentada a arquitetura de sistema que viabilizará a aquisição e armazenamento dos dados de cada nível.

3.2 ARQUITETURA DO SISTEMA

Baseando-se no estudo dos itens referenciados no capítulo anterior e na interação com especialistas na área de radiologia e processamento de imagens, propõe-se uma arquitetura de sistema que permite o armazenamento da informação imagem médica nos níveis referenciados no item 3.1.

Como detalhes importantes nas imagens médicas, na maioria das vezes, só são visualizados por especialistas; a arquitetura coloca várias *interfaces* gráficas que permitem a interação entre o especialista e os processos de aquisição, geração e armazenamento de informação. Por exemplo, algoritmos de segmentação e extração de características podem não corresponder à realidade desejada pelo especialista gerando dados inconsistentes, o que compromete pesquisas futuras. Outro exemplo é a necessidade do especialista de colocar dados não considerados em armazenamento anteriores. A figura 16B mostra a figura 16A segmentada considerando uma anomalia x presente na imagem. Um especialista poderia segmentar como a figura 16C não considerando a variação, já que não apresenta doença, como indicado no comentário da figura 16A.



FIGURA 16A – IMAGEM ORIGINAL DA TÍBIA. A imagem apresenta uma variação na aparência do centro de ossificação do tubérculo tibial em um adolescente, e não deve ser confundida com doença (Fonte: RESNICK, 1995).



FIGURA 16B – TÍBIA. SEGMENTAÇÃO CONSIDERANDO A VARIAÇÃO COMO UMA ANOMALIA NÃO IDENTIFICADA.



FIGURA 16C - SEGMENTAÇÃO DA TÍBIA NÃO CONSIDERANDO A VARIAÇÃO COMO UMA ANOMALIA

Na arquitetura são colocadas bibliotecas que armazenam informações ou algoritmos que podem contribuir no processo de obtenção dos dados da imagem médica. O uso de bibliotecas de algoritmos permite a personalização dos processos, enquanto a de bibliotecas de informação contribuem para agilização e praticidade dos processos de entrada da imagem e segmentação.

3.2.1 Módulos da Arquitetura

São cinco os módulos da arquitetura, e serão relacionados a seguir e sua representação gráfica é apresentada na figura 18.

3.2.1.1 Entrada da Imagem

Este item trata da obtenção da imagem digital e opcionalmente da entrada da sua identificação. Ele contém uma *interface*, uma biblioteca de algoritmos de aquisição e uma biblioteca de rótulos que identifica a modalidade e região da anatomia considerada. A *interface* permite que o médico interaja com o processo de aquisição da imagem, escolhendo algoritmos de aquisição e identificação para a imagem crua. A biblioteca de algoritmos de aquisição contém os programas que podem obter os dados da imagem. Um programa de recuperação de arquivo DICOM poderia ser implementado aqui. A biblioteca de rótulos identificando a modalidade e a região apresentada na imagem é opcional, pois no caso da imagem ser recuperada de um arquivo DICOM estes itens já são fornecidos; eles também podem ser obtidos no processo seguinte de segmentação da imagem. Os dados obtidos nesta etapa servirão de dado de entrada para o processo de segmentação.

3.2.1.2 Processo de Segmentação

Este processo subdivide a imagem em seus objetos componentes através de um algoritmo de segmentação. O sistema coloca uma biblioteca de imagens segmentadas e rotuladas que servem de base para que o algoritmo possa comparar as regiões segmentadas e rotulá-las. A segmentação interfere na qualidade da informação gerada e o algoritmo pode gerar um dado falso. Para melhorar a consistência dos dados gerados pelo processo de segmentação é colocada uma *interface* gráfica, que permite ao especialista interagir com o processo, confirmando objetos e seus rótulos, ou alterando-os. Interface gráfica também foi colocada por ORPHANOUDAKIS, CHRONAKI, KOSTOMANOLAKIS (1994) para permitir ao médico delimitar pontos diferentes da imagem. O resultado confirmado do processo de segmentação servirá como parâmetro de entrada para o processo de extração de características da imagem e será armazenado diretamente no banco de dados lógico, além de inserido na biblioteca de imagens caso seja um tipo novo de imagem. Uma biblioteca de algoritmos de segmentação é colocada para permitir, como no I2C ORPHANOUDAKIS, CHRONAKI, KOSTOMANOLAKIS (1994), que novos algoritmos de segmentação possam ser adicionados e, também, para que o especialista possa escolher entre os algoritmos de segmentação.

3.2.1.3 Processo de Extração de Características da Imagem

Neste processo serão extraídas as características dos objetos da imagem, e da imagem como um todo. Com a constante evolução em processamento de imagem e na área médica, é proposta uma biblioteca que permite evolução do processo na inclusão de novas características e algoritmos para extraí-las; ORPHANOUDAKIS, CHRONAKI, KOSTOMANOLAKIS (1994) também colocam a necessidade de inclusão de formas de representação de características. Cada característica está ligada a um programa que irá extraí-la dos objetos da imagem segmentada. As características podem ser escolhidas e adicionadas juntamente com os algoritmos que irão extraí-las. Este processo gera o conjunto de características da imagem. O especialista pode, através da *interface* deste processo, escolher

características personalizadas à sua área; isto é importante, dado que médicos de especialidades diferentes podem necessitar de características diferentes para a imagem, como colocado por CHU et al. (1998).

3.2.1.4 Processo de Representação da Imagem e do Exame

Este processo pode modificar o esquema ou alimentá-lo, podendo adicionar atributos a uma entidade existente ou adicionar uma nova entidade ao esquema do banco de dados. Os dados de entrada desse processo são: nível característica resultado do processo de extração de características e os níveis de interpretação e referência, resultado da *interface* com o especialista e/ou sistemas externos. A *interface* especificada neste processo permite que o especialista digite as informações ou as obtenha de sistemas externos. Para que as informações possam ser obtidas de sistemas externos é colocada uma biblioteca que especifica a origem da informação juntamente com os algoritmos para extraí-las. Nesta etapa, o especialista pode preencher registros com informações e/ou modificar a entidade adicionando atributos, pode inserir nova entidade, e pode gerar nova interpretação para uma entidade existente. Para entidades que já existam, é importante que os novos atributos definidos sejam preenchidos para que não haja inconsistências em buscas futuras. Uma pesquisa não trará todos os resultados esperados se os campos não forem preenchidos adequadamente.

3.2.1.5 Esquema do Banco de Dados

O esquema do banco de dados, figura 17, mostra o nível de referência, modelados por um conjunto de entidades, entre elas paciente, estudo, série e imagem do padrão DICOM. Os demais níveis são modelados por entidades individuais.

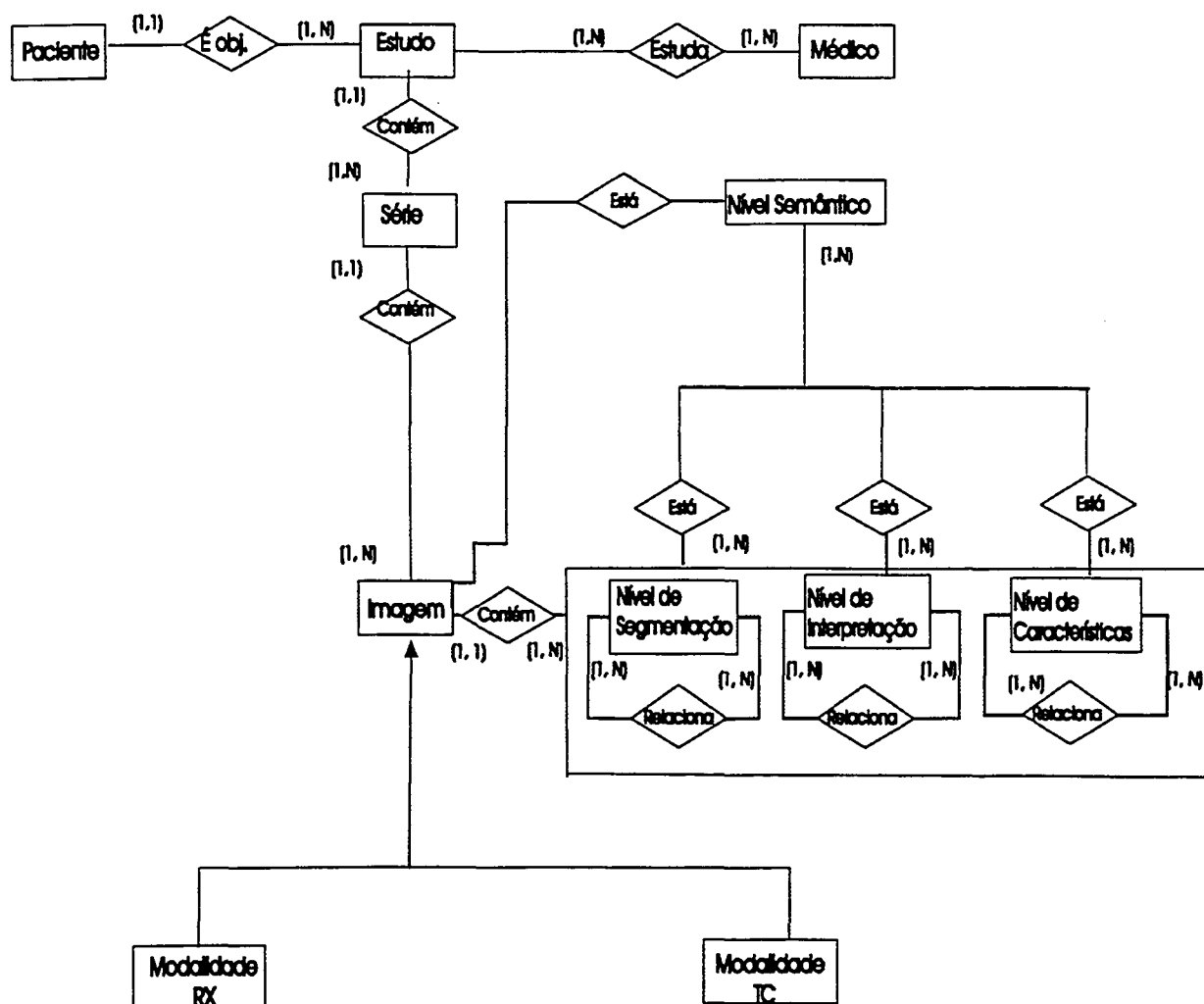


FIGURA 17 – ESQUEMA DO BANCO DE DADOS.

3.2.2 Fluxo de Dados

No início do processo de aquisição dos dados, o especialista pode escolher o tipo de processamento entre automático, automático segmentação e extração de características ou revisado.

3.2.2.1 Caso Automático

O especialista determina a origem dos dados. O algoritmo padrão (*algoritmo para extrair dados do DICOM que contém a imagem digital e dados de identificação*) de aquisição dos dados irá fornecer os dados para o processo de segmentação, o qual, através do algoritmo padrão, segmentará a imagem e a comparará com as imagens da biblioteca. Os objetos segmentados e rotulados serão passados para o processo de extração de características que extrairá as características padrões, e passará o resultado para o processo de representação. Este, por sua vez, irá procurar a classe da imagem no esquema do banco e gravará no banco de dados os dados obtidos pelos processos anteriores juntamente com os dados de referência extraídos do arquivo DICOM.

3.2.2.2 Caso Automático de Segmentação e Extração de Características

O especialista escolherá o algoritmo de obtenção dos dados e determinará a origem dos dados. Os outros processos serão feitos automaticamente como no item anterior. No caso do algoritmo escolhido não fornecer a identificação da imagem, esta será comparada com todas as imagens da biblioteca de imagens.

3.2.2.3 Caso Revisado com a Identificação da Imagem

Cada processo individualmente pode ser automático ou interativo. Caso o especialista deseje interagir em todas as etapas o fluxo de dados será:

1) Na aquisição dos dados o especialista pode escolher o algoritmo e determinar a identificação da imagem. A imagem crua e sua identificação são fornecidas para a próxima etapa.

2) No processo de segmentação pode-se escolher o algoritmo e escolher a identificação da imagem caso isto não tenha sido feito no processo anterior. A imagem segmentada é comparada com as imagens da biblioteca de imagens. Os objetos da imagens rotulados são mostrados ao especialista que pode confirmá-los ou alterá-los.

3) O processo de extração de características recebe os objetos segmentados e rotulados, neste processo o especialista pode escolher as características. O resultado desta etapa é passado para o processo de representação.

4) No processo de representação o especialista pode escolher o algoritmo para obter os dados referentes à imagem ou digitá-los.

A figura 18 logo abaixo apresenta a arquitetura do sistema de aquisição e armazenamento das informações da imagem médica.

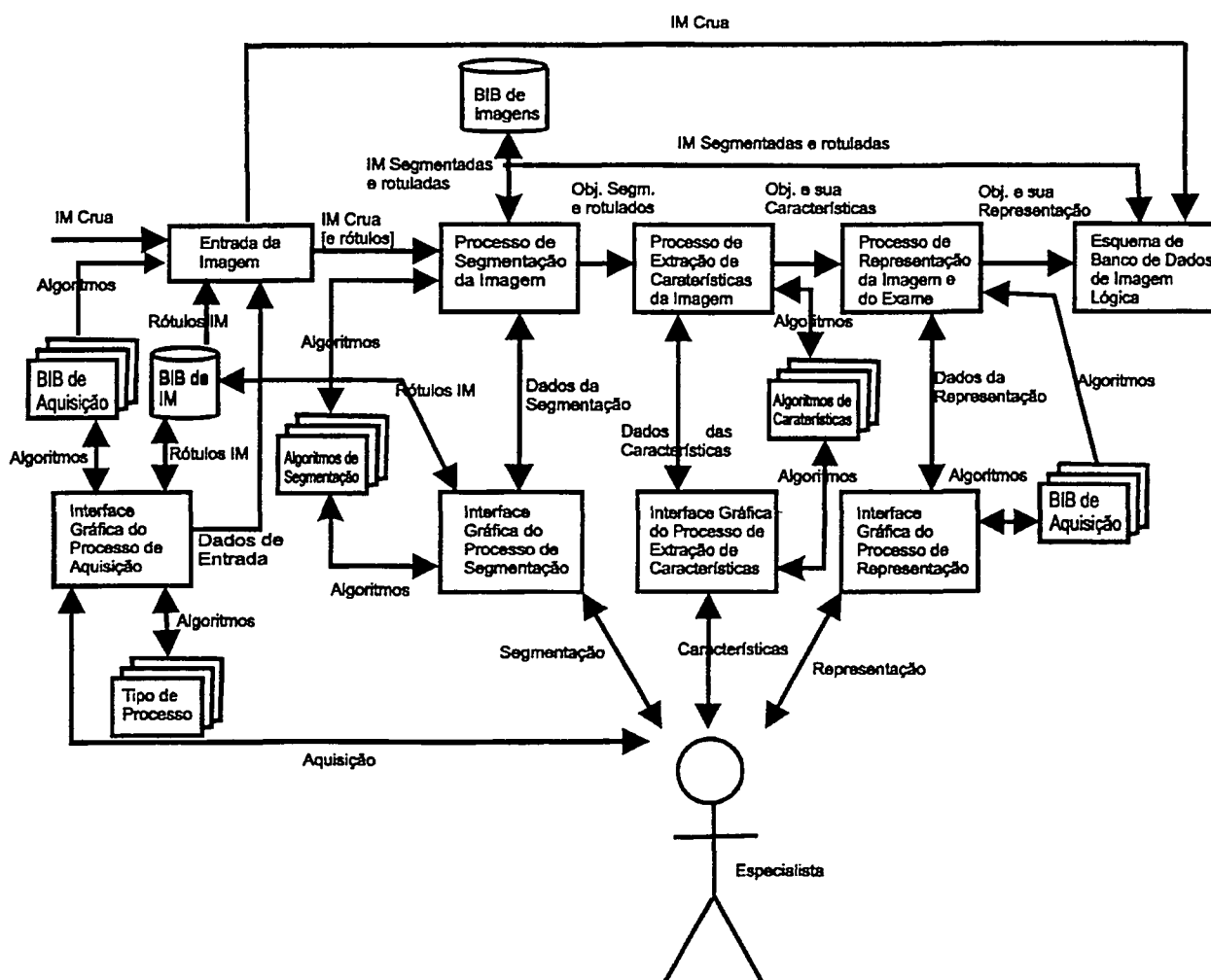


FIGURA 18 – ARQUITETURA DO SISTEMA.

A arquitetura, aqui apresentada permite, a aquisição e armazenamento do dado imagem médica. As informações relacionadas à imagem médica foram organizadas em níveis de informação. Os níveis, quando transportados para o esquema do banco de dados podem gerar uma ou mais entidades. O processo de aquisição das informações contidas na imagem médica e dos dados relacionados a ela é demonstrado na arquitetura de sistema, onde *interfaces* permitem a interação do especialista com todos os processos.

4 APLICAÇÃO

Este capítulo apresenta a aplicação da seqüência da arquitetura na obtenção de dados e o esquema resultante baseado nos níveis propostos.

A figura 19 foi obtida do site "<http://www.gentili.net/signs/58.htm>". Ela apresenta um estudo realizado no pé, baseado na modalidade radiografia simples. O diagnóstico da imagem é "lipoma intra-ósseo", localizado no calcâneo. A imagem não traz dados de referência como o nome do paciente, o estudo, a série, o médico, por isso é considerado um valor padrão de identificação 1 .



FIGURA 19 – IMAGEM CRUA DO CALCÂNEO (Fonte: "<http://www.gentil.net/signs/58.htm>").

Considerando a imagem acima e a arquitetura proposta temos a seqüência:

- Processo de Entrada da Imagem: a imagem acima é fornecida para o processo de segmentação
- Processo de Segmentação: o processo de segmentação irá isolar os objetos componentes da imagem. Como pode ser observado a seguir, a radiografia apresenta o pé composto de calcâneo, talo, osso navicular, osso cuboíde e a anomalia "x" dentro do calcâneo.

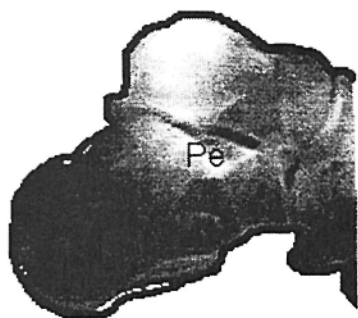


FIGURA 20 – PÉ SEGMENTADO.



FIGURA 21 – PARTE DO PÉ CALCÂNEO.



FIGURA 22 – PARTE DO PÉ TALO.



FIGURA 23 – PARTE DO PÉ OSSO NAVICULAR.

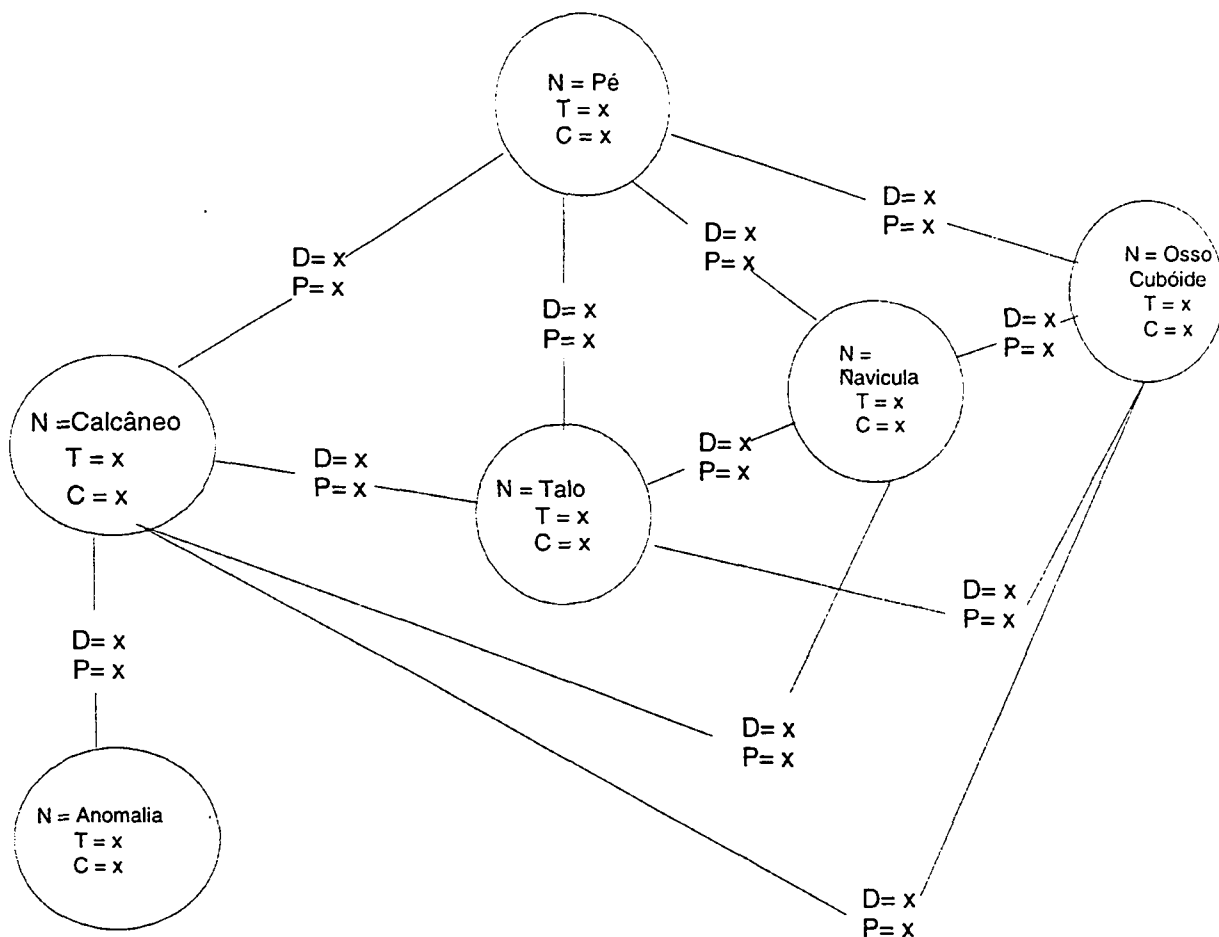


FIGURA 24 – PARTE DO PÉ OSSO CUBÓIDE.



FIGURA 25 – ANOMALIA PRESENTE NO CALCÂNEO, LINFOMA.

- Processo de extração de características: baseado no resultado do processo de segmentação, este irá extrair as características dos objetos representado pelos nós e dos relacionamentos representados pelos arcos de ligação. A figura 26 representa as características extraídas da imagem segmentada do calcâneo.



Características dos
Objetos:

N = Rótulo T = Tamanho
C = Contorno

Características dos Relacionamentos:

D = Distância P = Posição

FIGURA 26 – REPRESENTAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA IMAGEM EM FORMA DE GRAFO.

- Processo de representação: Este processo colocará os dados no esquema do banco de dados, recebendo, além dos anteriores, os dados de interpretação e referência. O desenho do esquema pode ser visto na figura 17.

A importância da interação do médico especialista em imagens médicas como o processo de aquisição das informações contidas nas imagens, pode ser visto nos exemplos a seguir.

Considerando a figura 27A, ela apresenta uma variação que visualmente a diferencia da imagem ao lado figura 27B, com anatomia normal; mas não é uma doença e sim uma variação de normalidade, como pode ser observado no comentário da legenda.



FIGURA 27A - ENTALHE NORMAL

DA SUPERFÍCIE da articulação *apophyseal* da coluna cervical inferior pode ser confundido com erosão ou fratura. A superfície articular superior da quinta para sétima vértebra da cervical em algumas pessoas normais pode mostrar uma ranhura ou depressão, que pode ser confundida com processo erosivo ou alterações traumáticas (Fonte: RESNICK, 1995).



FIGURA 27B – COLUNA CERVICAL.

A figura 28A apresenta uma variação de normalidade, sem importância clínica e a figura 28B apresenta o mesmo exame sem a variação de normalidade.



FIGURA 28A – ULNA COM VARIAÇÃO DE NORMALIDADE. Em pacientes com ulna relativamente curta, a fossa da articulação rádio-ulnar inferior pode ser confundida a um processo destrutivo ou de artrite (Fonte: RESNICK, 1995).



FIGURA 28B – ULNA SEM VARIAÇÃO DE NORMALIDADE.

Uma segmentação automática, ou guiada por um não especialista, poderia gerar o exemplo abaixo, figura 29, considerando a parte apontada como uma doença; contudo como aparece na legenda da figura 28A, não é.

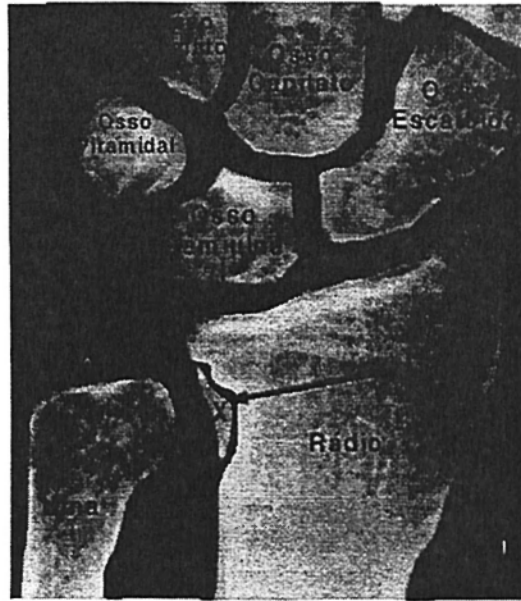


FIGURA 29 – ULNA SEGMENTADA ERRADA, CONSIDERANDO DOENÇA.

A região segmentada não apresenta importância clínica; um especialista considerando a imagem normal poderia ser segmentada como segue na figura 30.

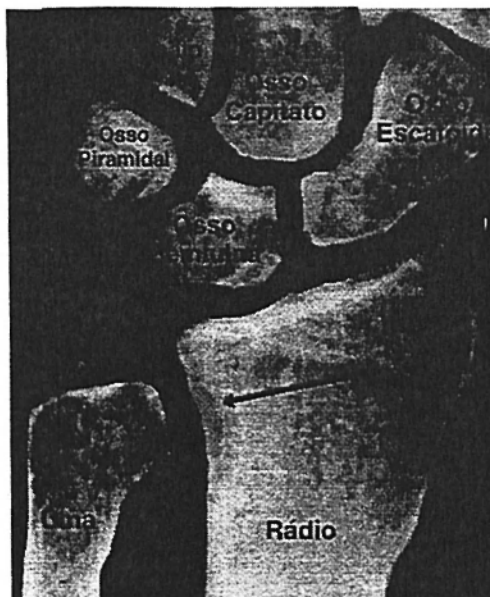


FIGURA 30 – ULNA SEGMENTADA CERTA, NÃO CONSIDERA DOENÇA.

Na *interface* com o processo de extração de característica, o médico pode escolher quais características representam melhor aquela imagem, ou melhor, quais características são mais importantes para ele. A biblioteca de características permite que novas características sejam adicionadas. A importância da escolha de características pode ser exemplificada como segue: no caso de tumor um especialista em tumores pode estar interessado na característica tamanho do tumor, enquanto no caso de um cirurgião a característica mais importante seria a localização exata do tumor e a distância entre o tumor e os outros órgãos.

Os níveis apresentados aumentam a semântica da imagem, possibilitando trazer resultados melhores para as consultas. Os níveis de dados podem interagir entre si; a importância dessa interação pode ser vista com relação aos dados abaixo. Na imagem apresentada na figura 31, a parte circulada é uma variação de normalidade como mostra a legenda. A idade é um dado complementar importante neste caso, pois a ocorrência do defeito é normal em pessoas jovens representando variação de ossificação; já em um adulto poderia ser considerado uma doença.

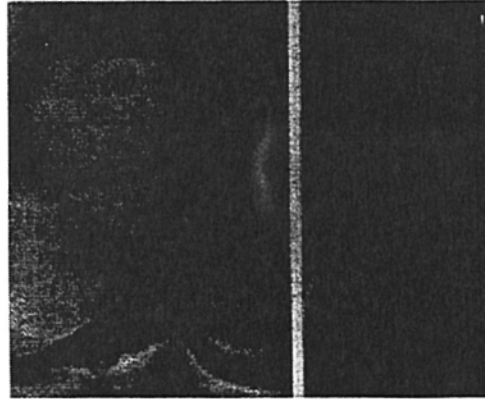


FIGURA 31 – PATELA. Defeito patelar dorsal. Normal em pessoas jovens, pode ser confundido com Osteocondrite Dissecante de patela. (Fonte: RESNICK, 1995).

Outro exemplo da importância dos dados referentes é descrito por ROGERS, JUHL, GRUMMY (1992), em que coloca a importância do sexo, idade e raça na análise da maturação. Um dos dados considerados importantes, por exemplo com relação a tumores, é a idade, como diz ROGERS, JUHL, GRUMMY (1992) e RESNICK (1995).

RESNICK (1995), apresenta a tabela 2 onde tipos de tumores são relacionados a idade. Dois exemplos são colocados a seguir nas figuras 32 e 33.

TABLE 83-2 Tumors and Tumor-Like Lesions: Typical Ages of Patients

Tumor	Age (Years)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	
Malignant										
Osteosarcoma										
Parosteal osteosarcoma										
Chondrosarcoma										
Fibrosarcoma										
Fibrous histiocytoma										
Malignant giant cell tumor										
Ewing's Sarcoma										
Adamantinoma										
Hemangioendothelioma										
Histiocytic lymphoma										
Chordoma										
Plasma cell myeloma										
Skeletal metastasis										
Benign										
Osteoma										
Osteochondroma										
Enchondroma										
Chondroblastoma										
Chondromyxoid fibroma										
Osteoid osteoma										
Osteoblastoma										
Nonossifying fibroma										
Desmoplastic fibroma										
Lipoma										
Hemangioma										
Giant cell tumor										
Neurileioma										
Simple bone cyst										
Aneurysmal bone cyst										

TABELA 2 – TABELA COM NOMES DE TUMORES E A IDADE DE MAIOR OCORRÊNCIA (Fonte: RESNICK, 1995).

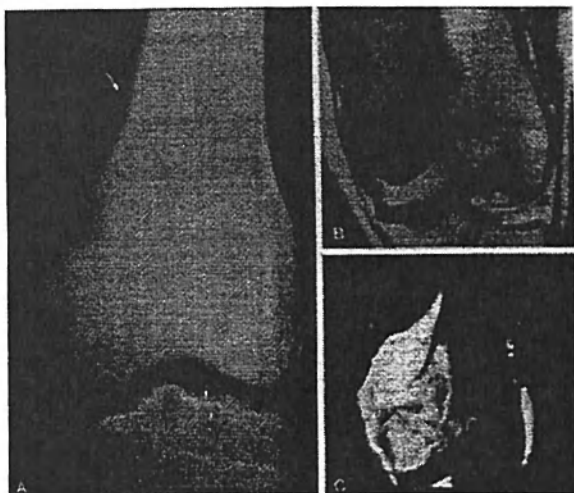


FIGURA 32 – OSTEOSARCOMA. Em homem de 17 anos. (Fonte: RESNICK, 1995).

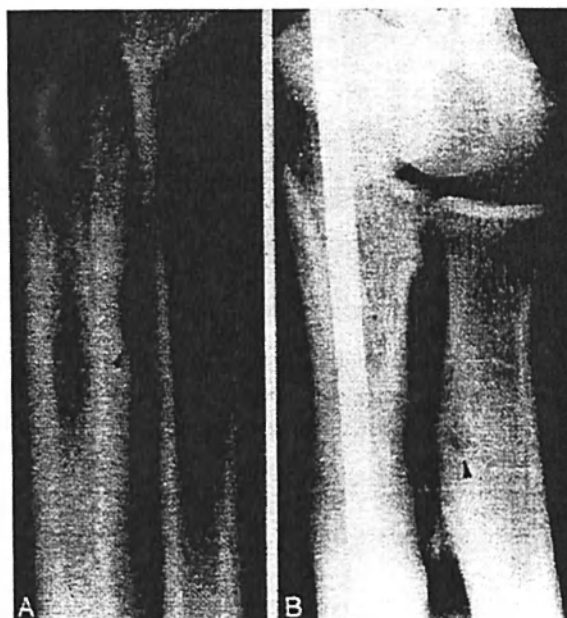


FIGURA 33 – OSTEOMA OSTEÓIDE. Em homem de 27 anos. (Fonte: RESNICK, 1995).

No nível de referência foram consideradas algumas entidades do padrão DICOM. A utilização de entidade facilita a comunicação com outros sistemas que utilizem o mesmo padrão. As entidades são paciente, estudo, série e imagem.

Este capítulo apresentou a utilização dos conceitos da arquitetura proposta, demonstrando-se através de exemplos e tabelas a importância da organização das informações contidas nas imagens médicas organizadas em níveis e a utilização das *interfaces* no processo de aquisição das informações.

5 CONCLUSÃO

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na análise dos esquemas e sistemas existentes que tratam de banco de dados de imagens médicas e de banco de dados de imagem de outras áreas como astronomia e vídeo, constatou-se que, de modo geral, eles tratavam da representação e recuperação pelo conteúdo da imagem, sendo este conteúdo formado das características extraídas da imagem. No estudo realizado, nesta dissertação sobre imagens médicas, verificou-se a necessidade de ampliar a representação da imagem para aumentar a qualidade das consultas pela maior quantidade de informações, como observado por CHU et al. (1998).

Nos trabalhos referentes a imagens médicas foi observado pouco foco na consistência dos dados. Esta dissertação demonstrou a importância da consistência dos dados em virtude de que as imagens médicas podem apresentar variações de normalidade e também variações de anormalidade.

Constatou-se, em pesquisas junto a médicos da área de imagem e de outras áreas, que é muito importante a participação do especialista em imagens médicas no processo de obtenção de dados mais precisos, devido ao conhecimento e experiência deste. Para permitir a interação do especialista com o sistema de obtenção de dados, esta dissertação propôs *interfaces* desde a aquisição dos dados até o seu armazenamento no banco de dados.

Também foi verificada a importância dos dados referentes à imagem, não só para melhorar a qualidade da consulta, como colocado por CHU et al. (1998), mas também para aumentar a consistência dos dados, visto que imagens semelhantes podem ter diagnósticos diferentes, dependendo dos dados relacionados.

Ainda do estudo, dois trabalhos analisados se destacaram pela amplitude relacionada ao sistema de banco de dados de imagens médicas, que são o de CHU

et al.(1998) e o I2C de ORPHANOUDAKIS, CHRONAKI, KOSTOMANOLAKIS (1994).

No I2C, as imagens são divididas em classes. O especialista determina uma classe para imagem que está sendo adquirida e então sua imagem lógica é gerada. Esta imagem lógica é composta pelos dados extraídos da imagem.

Nesta dissertação, a *interface* de entrada propõe que o especialista determine uma identificação para a imagem ou deixe que os dados de identificação sejam extraídos da origem da imagem, como no caso do padrão DICOM. Outra possibilidade, é deixar que o processo de segmentação indique uma identificação para a imagem.

ORPHANOUDAKIS, CHRONAKI, KOSTOMANOLAKIS (1994) comentam que o especialista pode importar a imagem segmentada para uma ferramenta que permita delimitar novos contornos. Nesta dissertação este recurso foi mantido e justificando-se a sua necessidade devido às características das imagens médicas, onde muitos detalhes só são observados pelo especialista. Foi mantida também a possibilidade de incluir e escolher algoritmos de segmentação, além de ter adicionado, para colaborar com o processo de segmentação, uma biblioteca com as imagens segmentadas e rotuladas.

CHU et al. (1998) fazem referência em seu trabalho à necessidade de características diferentes para cada especialidade médica. Para atender esta necessidade foi colocada, na arquitetura aqui apresentada, uma *interface* e uma biblioteca de características, para permitir ao especialista escolher aquelas pertinentes à sua área. A biblioteca também possibilita a inclusão de novas características.

No I2C é considerada a imagem baixo nível e o nível intermediário, não sendo consideradas as informações referentes à imagem. No estudo das imagens médicas, feito nesta dissertação, foi detectada a importância dos dados referentes à imagem para possibilitar a consistência da mesma. É colocada por CHU et al. (1998)

a importância dos dados referentes à imagem para possibilitar consultas mais qualitativas, já que é atribuída uma quantidade maior de características. Nesta dissertação, para atender tal necessidade, foi adicionado o processo de representação, onde há a possibilidade de inserção dos dados referentes à imagem, importados de sistemas externos ou informados pelo especialista.

Ainda, este trabalho considerou os dados da imagem divididos em níveis, sendo eles o baixo nível, de característica, também considerados por CHU et al. (1998) e pelo I2C (ORPHANOUDAKIS, CHRONAKI, KOSTOMANOLAKIS, 1994), e o nível segmentado, semântico, interpretação, referência, este último também considerado por CHU et al. (1998). Os níveis foram tratados de forma independente por serem considerados unidade de informação; eles interagem entre si tanto para obter dados de outro nível, como é o caso do nível segmentado e semântico que geram o nível de característica, quanto para possibilitar uma consulta com mais ou menos detalhes, e/ou também gerar mais de uma ocorrência, como é o caso de interpretações diferentes para a mesma imagem.

5.2 CONCLUSÕES

Esta dissertação apresentou um estudo sobre imagens médicas e sobre trabalhos relacionados à informática aplicada a este tipo de informação.

Baseando-se nas análises feitas, foi apresentada uma arquitetura de sistema de banco de dados com *interfaces* permitindo a participação do especialista no processo de obtenção de dados desde a aquisição da imagem até o seu armazenamento. Também foram agregadas bibliotecas que contribuem com o processo de interação, além de possibilitar a inclusão de novos recursos ao sistema.

Esta dissertação apresentou, também, a imagem dividida em níveis de informação. Um dos níveis, o segmentado possibilita que novas características sejam extraídas de uma imagem já segmentada sem a necessidade de segmentá-la novamente. O nível de referência aumenta a consistência do dado imagem, já que imagens semelhantes podem ter significados diferentes.

Foi apresentado ainda, neste trabalho, um esquema onde um nível pode corresponder a uma entidade, ou mais de uma entidade, como é o caso do nível de referência, em que são consideradas entidades do padrão DICOM como paciente, estudo, série e imagem, o que pode facilitar futuras comunicações com outros sistemas que utilizem o padrão.

5.3 RECOMENDAÇÕES

Seria interessante, para trabalhos futuros, a implementação da arquitetura aqui proposta, continuando com o espírito multidisciplinar, empregado nesta dissertação envolvendo especialistas da área médica, de processamento de imagens, de banco de dados e outros que possam contribuir no processo.

É indicado, também, o desenvolvimento de ferramentas de consulta ao dado imagem armazenado, devendo ser considerada a importância da *interface* (SMEULDERS et al., 2000; ASLANDOGAN, YU (1999); YOSHITAKA, ICHIKAWA (1999)).

Seria recomendável que, após a implementação da arquitetura, fosse feita avaliação prática da ferramenta, através dos resultados retornados por esta, considerando percentuais de acerto e tempo de resposta.

O estudo de técnicas de otimização de banco de dados, também, configura uma boa contribuição à ferramenta.

REFERÊNCIAS

AL-KHATIB, Wasfi; DAY, Y. Francis; GHAFLOOR, Arif; BERRA, P. Bruce. Semantic modeling and knowledge representation in multimedia databases. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, v. 11, n. 01, p. 64-80, Jan./Feb., 1999.

ASLANDOGAN, Y. Alp; YU, Clement. Techniques and systems for image and video retrieval. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, v. 11, n. 1, p. 56-63, Jan./Feb., 1999.

BALLINGE, Philip W. **Atlas de posiciones radiográficas y procedimientos radiológicos**. 8.ed. [s.l.]: Merril, 1997.

BATINI, Carlos; CERI, Stefano; NAVATHE, Shamkant B. **Conceptual databases design: an entity-relationship approach**. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1992.

BERGMAN, Lawrence; CASTELLI, Vittorio; LI, Chung-Sheng. Progressive content-based retrieval from satellite image archives. **D-Lib Magazine**. Disponível em: <<http://www.dlib.org/dlib/october97/ibm/101i.html>>
Acesso em: 12 nov. 1999.

BOUGUETTAYA, Athman; BENATALLAH, Boualem; CHENDRA, Lily; OUZZANI, Mourad; BEARD, James. Supportin dynamic interactions among web-based information sources. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, v. 12, n. 15, p. 779-801, Sep./Oct., 2000.

CASTANO, Silvana; ANTONELLIS, Valeriade. Building Views over semistructured data sources. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCEPTUAL MODELING, 18th, 1999, Paris. **Proceedings...** Paris: [s.n.], 1999. p. 146-160.

CHEN, Peter. ER Model, XML, and the Web. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCEPTUAL MODELING, 18th, 1999, Paris. **Proceedings...** Paris: [s.n.], 1999. p. 538.

CHU, Wesley W.; HSU, Chih-Cheng; CÁRDENAS, Alfonso F.; TAIRA, Ricky K. Knowledge-based image retrieval with spatial and temporal constructs. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, v. 10, n. 6, p. 872-888, Nov./Dec. 1998.

DAVIS, Davis. **Brahms. Brigham and Women Hospital**. Denver: Department of Radiology, S/CAR, 1996.

DICOM 1. **Document Strategic Revision 1.05**. Disponível em: <<http://medical.nema.org/dicom.html>>
Acesso em: 10 mai. 2001.

DICOM 2. **DICOM Documents**. Disponível em:
<<http://medical.nema.org/dicom.html>>
Acesso em: 14 nov. 2000.

DIRENE, Alexandre I. Designing intelligent systems for teaching visual concepts. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 8, n.1, p. 44-70, 1997.

GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard E. **Digital image processing**. California: Addison-Wesley Publishing Company, 1992.

HACID, Mahand-Said; DECLEIR, Cyril; KOULOUMDJIAN, Jacques. A database approach for modeling and querying video data. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, v. 12, n. 5, p. 729-750, Sep./Oct., 2000.

HUG, Hohannes Michael. **Semi-Automatic segmentation of medical imagery**. A dissertation submitted to the Swiss Federal Institute of Technology Zurich for the degree of Doctor od Technical Sciences, 2000.

KORN, Philip; SIDIROPOULOS, Nicholas; FALOUTSOS, Christos; SIEGEL, Eliot; PROTOPAPAS, Zenon. Fast and effective retrieval of medical tumor shapes. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, v. 10, n. 6, p. 889-904, Nov./Dec., 1998.

LEE, Sin Yeung; LEE, Mong li; LING, Wang Tok; KALINICHENKO, Leonid A. Designing good semi-structured databases. . In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCEPTUAL MODELING, 18th, 1999, Paris. **Proceedings...** Paris: [s.n.], 1999. p.131-145.

LIGIER Y.; RATIB, O.; GIRARD C.; LOGEAN M.. OSIRIS: A medical image manipulation system. **M. D. Computing Journal**, v. 11 n. 4, p. 212-218, July-Aug. 1994.

MARTINEZ, Ralph. **PACS Global**. University of Arizona. Disponível em: <http://www.ece.arizona.edu/~ecer/gpacs/gpacs_proj_sum.html. > Acesso em: 10 nov. 2000.

NABIL, Mohammad; NGU, Anne H.H; SHEPHERD, John. Picture similarity retrieval using the 2D projection interval representation. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, v. 8, n. 2, p. 533-539, Aug. 1996.

ORPHANOUDAKIS S. C.; PETRAKIS, E.G.; KOFAKIS, P. A medical image database system for tomographic images. **Proc. Computer Assisted Radiology, CAR***, Berlin, p. 618-622, June 1989.

ORPHANOUDAKIS, S.C.; CHRONAKI, C.; KOSTOMANOLAKIS, S. I2C: A system for the indexing, storage, and retrieval of medical images by content. **J. Medical Informatics**, v. 19, n. 2, p. 109-122, 1994.

PETRAKIS, Euripides G. M.; FALOUTSOS, Christos. Similarity searching in medical image databases. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, v. 9, n. 3, p. 435-447, May/June 1997.

PETRAKIS, Euripides G.M.; ORPHANOUDAKIS, Stelios C. Methodology for the representation, indexing and retrieval of images by Content. **Image and Vision Computing**, v. 11, n. 8, p. 504-521, Oct. 1993.

RATIB, O.; LIGIER, Y.; GIRARD C.; LOGEAN M. Design and implementation of Geneva PACS. **Proceedings of EuroPacs**, Geneva, p. 22-24, Sep. 1994.

RESNICK, Donald. **Diagnosis of bone in joint disorders**. 3.ed. Philadelphia: W. E. Saunders, 1995.

ROGERS, Lee F.; JUHL, John H.; GRUMMY, Andrew B. **Interpretação radiológica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogas, 1992.

RUSS, John C. **The image processing handbook**. 2. ed. Florida: CRC Press Inc, 1994.

SABBATINI, Renato M.E. Usando o computador para processamento de imagens médicas. **Revista Informática Médica**. Universidade Estadual de Campinas. n. 2, Mar./Abr., 1998. Disponível em: <<http://www.epub.org.br/informaticamedica/n0102/hogarth.htm>> Acesso em: 20 nov 2000.

SAMET, Hana; SOFFER, Aya. Marco: MAP Retrieval by Content. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 18, n. 8, p. 783-798, Aug. 1996.

SILBERSCHARTZ, Abraham; KORTH, Henry F.; SUDARSHAN, S. **Sistemas de banco de dados**. São Paulo: Makron Books, 1999.

SMEULDERS, Arnold W.M; WORRING, Marcel; SANTINI, Simone; GUPTA, Amarnath; JAIN, Rameshi. Content-based image retrieval at the end of the early years. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 22, n. 12, p.1349-1380, Dec. 2000.

STIMAC, Garry K.; KELSEY, Charles A. **Introdução ao diagnóstico por imagens**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1994.

SUTTON, David. **Radiologia e diagnóstico por imagens para estudantes de medicina**. 6.ed. Rio de Janeiro: Roca, 1997.

WICKE, Lothar. **Atlas de anatomia radiológica**. 5.ed. Rio de Janeiro: Revinter, 1997.

YOSHITAKA, Atsuo; ICHIKAWA, Tadao. A survey on content-based retrieval for multimedia databases. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, v. 11, n. 1, p.81-93, Jan/Feb, 1999.