

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**

Rafael Andrade

**DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO
DE UM PROTÓTIPO PARA ACESSO E CONSULTA
DE IMAGENS MÉDICAS EM EQUIPAMENTOS
MÓVEIS NO PADRÃO DICOM**

Dissertação de Mestrado submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação

Prof. Dr. rer.nat. Aldo von Wangenheim

Florianópolis, agosto de 2003.

DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROTÓTIPO PARA ACESSO E CONSULTA DE IMAGENS MÉDICAS EM EQUIPAMENTOS MÓVEIS NO PADRÃO DICOM

Rafael Andrade

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação Área de Concentração Sistemas de Computação e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

Prof. Dr. Fernando A. Ostuni Gauthier
Coordenador do Curso

Banca Examinadora

Prof. Dr. rer.nat. Aldo Von Wangenheim
Orientador

Prof. Dr. Roger Walz

Prof. Dr. João Bosco da Mota Alves

AGRADECIMENTOS

A todos os que conviveram comigo dentro do projeto Cyclops, pelo apoio técnico, mas principalmente pela sua amizade.

Em especial à Mariana e ao Paulo pela grande ajuda oferecida no desenvolvimento desse trabalho.

À Sabrina, por estar sempre ao meu lado e acreditar em mim.

Ao Professor Aldo, coordenador do Projeto Cyclops, pelo apoio e por possibilitar que este trabalho fosse realizado no contexto do Projeto.

À minha família, e em especial a meus pais Hilário e Tânia, por estarem sempre presentes especialmente nos momentos mais difíceis.

À Deus.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 O Projeto Cyclops.....	11
1.2 Justificativa.....	11
1.3 Objetivos.....	12
1.3.1 Objetivo principal	12
1.3.2 Objetivos específicos.....	12
1.4 Motivação	13
1.5 Estrutura do trabalho	13
2 INTEGRAÇÃO COM OUTROS TRABALHOS	15
2.1 <i>Cyclops DICOM Server</i>	15
2.2 <i>Cyclops DICOM Editor</i>	16
2.3 <i>Cyclops DICOM SR Editor</i>	17
2.4 <i>Cyclops DICOM Waveform</i>	17
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
3.1 Sistema de acesso <i>wireless</i>	19
3.1.1 WLAN	19
3.1.2 WAP	21
3.1.3 Uso de PDA'S como ferramenta de trabalho	22
3.1.4 Tipos de PDA's	24
3.1.5 Diferença entre PDAs e Handhelds	26
3.2 Padronização de Informações de Paciente.....	27
3.3 Ferramentas disponíveis	29
3.3.1 Contexto Internacional	29
3.4 Tecnologias desenvolvidas pelos parceiros do presente Projeto.....	33
3.4.1 Engines para Workflow Médico.....	33
4 METODOLOGIA.....	35
4.1 Visualização de imagens	36

4.2 Níveis de Segurança	39
4.3 Tempos de acesso	43
4.4 Edição de laudos SR	44
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
5.1 Trabalhos Futuros	51
6 GLOSSÁRIO	52
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXO 1 SMALTALK VISUALWAVE SERVER CONSOLE	56
ANEXO 2 ANÁLISE DE REQUISITOS	57
ANEXO 3 MANUAL DO USUÁRIO	73
ANEXO 4 ARTIGO PUBLICADO - CBMS 2003	81
ANEXO 5 ARTIGO PUBLICADO - CARS 2003	86
ANEXO 6 ARTIGO PUBLICADO - REVISTA INTERNATIONAL JOURNAL OF MEDICAL INFORMATICS	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Escala de <i>Houndsfield</i> em relação às estruturas.	38
Tabela 2: Tempo de acesso das imagens carregadas a partir do PDA.	44

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Rede <i>Wireless</i> LAN típica.....	20
FIGURA 2: Esquema de funcionamento do modelo WAP.....	22
FIGURA 3: iPAQ h5455 pocket pc.....	25
FIGURA 4:Gradiente Partner.....	26
FIGURA 5: Projeto Ward in Hand.....	29
FIGURA 6: Software para a visualização de imagens radiológicas da Digisoft.....	31
FIGURA 7: CHILI-(TELE-) RADIOLOGY AND PACS.....	32
FIGURA 8: <i>Wireless Network Access Point</i>	35
FIGURA 9: Visão esquemática do cenário de aplicação da tecnologia desenvolvida...	36
FIGURA 10: Exemplo de imagem tomográfica visualizada no <i>browser</i> do PDA.....	40
FIGURA 11: Exemplo de visualização de um corte tomográfico em <i>window default</i> . .	41
FIGURA 12: Visualização de um laudo DICOM SR.	42
FIGURA 13: Visualização de um exame de ECG.	43
FIGURA 14:Lista de estudos de um Paciente.....	44
FIGURA 15:Visualização de uma lista de modelos de Laudos SR.	45
FIGURA 16: Visualização de um laudo SR.....	46
FIGURA 17:Visualização de uma janela de inclusão de novos itens de SR.....	47
FIGURA 18: Tela de edição de laudos SR com um item adicionado	48
FIGURA 19: Janela para a exclusão de item de laudo SR.....	49

RESUMO

Este trabalho descreve uma tecnologia de software na qual o pessoal médico e de enfermagem deverão ser equipados com um computador de mão (*Personal Digital Assistants* - PDA) ligado a uma rede local de computadores por rádio (*Wireless Local Area Network* - WLAN), que por sua vez estará conectado a um servidor central que proverá acesso a dados de pacientes, informando de forma *on-line* sobre distribuição de tarefas e pendências.

O servidor atua como intermediador de acesso a um banco de dados de informações de pacientes, imagens de tomografia computadorizada (CT), ultrasonografia (US) e ressonância magnética (MR) no padrão DICOM 3.0, além de laudos, observações clínicas e prescrições médicas no padrão DICOM *Structured Report*. O protótipo desenvolvido e descrito contempla um servidor de imagens médicas e prontuário eletrônico de pacientes que viabiliza a pesquisa e recuperação desses dados armazenados em um servidor no padrão DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*).

ABSTRACT

This paper presents a software technology that provides medical and nursing staff with a handheld computer connected through a *wireless* radio local network to a central server which will provide access to the patients' data and will actively inform about pending task distribution.

The server works as a database for patient information, images from Computerized Tomography (CT), Ultrasonography (US) and magnetic resonance (RM), medical reports, findings descriptions and prescriptions compliant with the DICOM Structured Reporting standard. The prototype already implemented and described contemplates a medical image server and patient records that performs the research and recovery of these images stored in the database in DICOM standard (Digital Imaging and Communications in Medicine) possible.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de Sistemas de Arquivamento e Comunicação de Imagens (PACS, do inglês *Picture Archiving and Communication Systems*) e também de sistemas de Prontuário Eletrônico de Paciente (PEP), está cada vez mais difundida entre hospitais e clínicas brasileiras. Essa utilização, juntamente com o crescente interesse pela telemedicina, exige a necessidade de normatização do armazenamento e transmissão dos dados clínicos e administrativos, forçando a interoperabilidade dos sistemas de diversos fabricantes.

Muitos hospitais brasileiros já possuem redes de computadores locais ou de longa distância para gerenciar as informações de administração, farmácia, prontuário de pacientes, laboratório e PACS. Estas informações dependem diretamente da integração dos sistemas de informação hospitalar (HIS - *Hospital Information Systems*) e de sistemas de informação radiológica (RIS - *Radiology Information Systems*). Um sistema integrado poderá facilitar enormemente a informatização da grande maioria dos hospitais brasileiros.

Apesar desses avanços, os procedimentos de tratamento médico no leito do paciente ainda estão fora do escopo dos sistemas atuais. Isto significa, que a checagem durante a visita médica, o andamento dos tratamentos, a execução e conferência da prescrição de medicamentos e outros tratamentos, assim como a sua administração, não desfruta ainda de suporte computadorizado. Além disso, a inclusão de novos dados ao prontuário, atividade que ainda necessita ser realizada através de anotações em papel mais tarde digitadas, ocasiona atrasos na disponibilização dessas informações ao prontuário do paciente (ANCONA et al, 2000).

Não obstante todas as vantagens no uso e desenvolvimento de PACS, ainda é muito difícil conectar de forma flexível diferentes partes de um sistema. A diversidade de necessidades comumente encontradas em instituições que lidam com saúde pública aumenta a complexidade da interface entre PACS e RIS/HIS. É comum encontrar diferentes implementações de um mesmo sistema de informação em diferentes locais de um único hospital, com redundância de informações e redigitação desnecessária de dados, com o objetivo de solucionar essa diversidade (ARENSEN et al, 2000).

Como consequência, existem muitas informações importantes, como por exemplo, o fluxo de trabalho clínico e o diagnóstico, que não podem ser prontamente acessados durante uma visita médica ao leito do paciente ou em situações de emergência.

Este problema pode ser resolvido através da utilização de computadores móveis (PDAs), conectados por meio de uma rede local de computadores sem fio (WLAN), que se encontram ligados a um servidor de banco de dados (EU, 2002) e da utilização de uma ferramenta para o controle do fluxo de trabalho e distribuição de tarefas.

1.1 O Projeto Cyclops

O Projeto Cyclops (CYCLOPS, 2003, WANGENHEIM et al, 1997), desenvolvido por um consórcio internacional é coordenado pela Universidade Federal de Santa Catarina (Brasil) e pelo Laboratório de Sistemas baseados em Conhecimento da Universidade de Kaiserslautern (Alemanha), contando ainda com vários parceiros acadêmicos, industriais e médicos do Brasil e da Alemanha. O Projeto Cyclops existe desde 1997 e desenvolve tecnologias de software para os mais variados domínios de aplicação de sistemas de informação hospitalar. Atua principalmente nas áreas de telemedicina, prontuário eletrônico, sistemas de arquivamento e comunicação de sinais e imagens médicas, planejamento cirúrgico e suporte automatizado para diagnóstico por imagem.

1.2 Justificativa

Até pouco tempo atrás, quando se falava em inovação tecnológica no ambiente hospitalar a referência era a evolução dos equipamentos de medicina. Mas esse não é o único impacto tecnológico que domina as instituições de primeira linha no Brasil. A implementação de projetos de tecnologias de informação dentro dos hospitais brasileiros acompanha a infra-estrutura das corporações, como: *upgrade* para redes mais velozes rodando em paralelo com sistemas sem fio; maior capacidade de armazenamento; e a utilização de aplicativos altamente customizados (prontuários eletrônicos).

Os novos prontuários consistem no armazenamento e organização do histórico dos pacientes dentro do hospital. Desta forma, os médicos podem saber em minutos as passagens anteriores do paciente, em vez de buscar documentos em arquivos de papéis

ou solicitar exames que já foram feitos. Além disso, é possível ainda trocar informações com outros profissionais de saúde.

A utilização de PDA's permite ao usuário, além do acesso às informações dos pacientes, a mobilidade que os computadores não podem oferecer. O uso destes equipamentos no auxílio ao médico em consultas de exames ou em diagnósticos de pacientes, pode ser um grande benefício para uma rápida tomada de decisão, visto que o especialista pode acessar os dados dos pacientes em qualquer ponto do hospital ou clinica, ou até mesmo de locais mais distantes dependendo do alcance de um sinal de rede no padrão 802.11b.

1.3 Objetivos

Os objetivos deste trabalho foram divididos em objetivo principal e objetivos específicos, a fim de facilitar a análise do problema a ser resolvido e sua implementação.

1.3.1 Objetivo principal

Desenvolver uma plataforma de tecnologia de software para equipamentos computacionais móveis, possibilitando a integração do acesso e a manipulação distribuída dos dados de pacientes, em um sistema integrado através da utilização de tecnologias de redes de computadores sem fio, PACS, e de computadores de mão (PDAs). Toda a tecnologia projetada deve estar em conformidade com padrões internacionais para dados clínicos e administrativos hospitalares, servindo como interface móvel para sistemas já existentes em um hospital.

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Desenvolver uma tecnologia de *servidores-front-end* para bancos de dados médicos (imagens) e clínicos (laudos) compatível com padrões internacionais, capazes de disponibilizar estes dados para computadores de mão via rede *wireless*;

- Desenvolver uma tecnologia de clientes de redes locais *wireless* para acesso a dados de prontuário e imagens de acordo com normas médicas internacionais;
- Fornecer suporte às atividades diárias do corpo clínico no contexto de um hospital, fazendo uso de uma ferramenta móvel para suporte do trabalho colaborativo em grupo e acesso sem fio a dados de prontuário de paciente;
- Validar o modelo e as tecnologias desenvolvidas em ambiente hospitalar.

1.4 Motivação

As tecnologias de transmissão de dados vêm ganhando um espaço considerável através da comunicação sem fio, deixando de existir apenas nas comunicações de longa distância, para fazer parte também de ambientes locais.

A adoção de um sistema sem fio vem crescendo significativamente, onde muitas soluções WLAN estão ou já foram implantadas em empresas, universidades ou outras instituições do mundo inteiro. Isso indica que as redes de computadores sem fio já são uma realidade e, provavelmente, nos próximos anos, substituirão ou serão adicionais aos sistemas com fio já existentes. WLAN é uma solução muito interessante para as organizações, pois desta forma os pontos que necessitam de mobilidade são conectados à rede pelo meio *wireless* e as estações fixas são ligadas à rede via cabo.

A motivação para a realização deste trabalho está ligada, sobretudo à facilidade de se utilizar *handhelds* em hospitais e clínicas como ferramenta de uso diário. Esta mobilidade juntamente com sua simplicidade de uso, poderá ajudar a garantir uma melhor e mais eficiente assistência aos pacientes que estão, por exemplo, em acompanhamento pós-operatório, monitoramento da medicação ou procedimentos de avaliação de risco. Utilizando a solução baseada no sistema PACS desenvolvido pelo Projeto Cyclops, médicos e enfermeiras no exercício da profissão, podem passar mais tempo com seus pacientes, ao invés de gastar muito tempo preenchendo formulários.

1.5 Estrutura do trabalho

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, apresentados a seguir:

O primeiro capítulo define a motivação, os objetivos e algumas justificativas para a execução deste trabalho.

No segundo capítulo são identificadas a integração e cooperação de outros projetos desenvolvidos pelos parceiros do grupo.

O terceiro capítulo define os tipos de equipamentos utilizados e suas diferenças. Define também algumas das ferramentas mais importantes disponíveis no mercado para visualização e manipulação de dados médicos.

No quarto capítulo será demonstrada a metodologia aplicada para o desenvolvimento do protótipo.

E no quinto capítulo, serão apresentados a conclusão do trabalho e os resultados obtidos.

2 INTEGRAÇÃO COM OUTROS TRABALHOS

Este trabalho que foi realizado no âmbito do Projeto Cyclops está relacionado diretamente a vários outros também desenvolvidos pela equipe. Existe então a necessidade de uma ligação robusta o suficiente para estabelecer um relacionamento funcional aceitável entre estes trabalhos. Sendo este um projeto de pesquisa, é importante levar em consideração questões como a continuidade no desenvolvimento das propostas realizadas. Este é mais um dos fatores que exige uma interoperabilidade entre os sistemas existentes.

As aplicações desenvolvidas foram implementadas na linguagem *VisualWorks Smalltalk*, adotada e usada pelo Projeto. Atualmente no Cyclops, utiliza-se um servidor para o armazenamento de objetos DICOM, como dados de pacientes, imagens ou laudos estruturados, chamado de “*Cyclops DICOM Server*”, um cliente para a visualização de imagens DICOM chamado de “*Cyclops DICOM Editor*” e um editor de laudos estruturados no padrão DICOM-SR chamado de “*Cyclops DICOM SR Editor*”. O Projeto dispõe ainda de uma ferramenta para aquisição, acesso, análise e impressão de exames de ECG chamado de “*Cyclops DICOM Waveform*”. Estes aplicativos, utilizados em conjunto, proporcionam aos médicos e enfermeiras a manipulação de dados de pacientes de um hospital ou clínica médica.

2.1 *Cyclops DICOM Server*

Um componente essencial de um PACS é o servidor de imagens médicas. É nele que as imagens médicas digitais e informações correlacionadas produzidas nos diversos aparelhos de modalidades de diagnóstico médico de um PACS são armazenadas. Existem várias soluções para servidores de imagens médicas digitais, desde as incluídas em pacotes de código aberto gratuitas até soluções comerciais e/ou proprietárias.

O ponto mais relevante a ser considerado em um servidor de imagens médicas digitais é a sua capacidade de comunicação com aparelhos de diagnóstico médico de diferentes fornecedores, o que é comum no ambiente de uma clínica ou de um hospital.

Os primeiros sistemas deste gênero eram soluções proprietárias e utilizavam-se de diferentes formatos de imagens médicas digitais e diferentes protocolos para a

transmissão/arquivamento destas. Um servidor de imagens médicas digitais, em um sistema PACS envolvendo aparelhos de vários fabricantes, que fosse inteiramente funcional era algo bastante difícil de se implementar, pois era necessária a conversão dos diferentes formatos de imagens e a compatibilização dos protocolos de transmissão e arquivamento das mesmas. Essa tarefa beira a impossibilidade, pois a maioria dos fabricantes de aparelhos médicos não revela detalhes do funcionamento interno destes sistemas, como formatos de arquivos, estrutura de gravação dos mesmos em mídias e os protocolos de transmissão destes através de redes de dados.

O *Cyclops DICOM Server* é um sistema desenvolvido em 2001 por parceiros do projeto que é capaz de atuar no papel de provedor de classes de serviço (*Service Class Provider* - SCP) de armazenamento, busca, recuperação e notificação de imagens médicas padrão DICOM. Esse sistema utiliza o protocolo da camada superior DICOM para TCP/IP, possibilitando que modalidades e equipamentos médicos como um Tomógrafo Computadorizado, Ultra-som, Ressonância Magnética ou uma estação de trabalho, suportados pelo padrão DICOM possam estabelecer conexões através de redes de computadores TCP/IP. As classes de serviço DICOM descritas atualmente pelo *CyclopsDicomServer* são verificação, armazenamento e busca/recuperação. As modalidades suportadas são TC (Tomografia Computadorizada), RM (Ressonância Magnética), US (Ultra-som), Waveforms (Eletrocardiograma, Eletroencefalograma, Hemodinâmica) e DICOM-SR. É importante salientar que o suporte a modalidades adicionais pode ser facilmente implementado, devido à utilização de tecnologia de orientação a objetos. Outra característica que deve ser notada é a possibilidade desse sistema ser multi-plataforma, (*Linux, Solaris, SGI, AIX, HP/UX, AD/UX, PowerMac e Windows*). Como Sistema Gerenciador de Bancos de Dados (SGBD) o *CyclopsDicomServer* pode utilizar *PostgreSQL, Oracle* ou *MySQL* (via ODBC) (DELLANI, 2001).

2.2 *Cyclops DICOM Editor*

É um aplicativo que permite o acesso às informações de todos os pacientes armazenados em um servidor de imagens. Após selecionar um determinado paciente, são carregados os dados de todos os estudos deste. Da mesma maneira, todas as séries são recuperadas a partir da escolha de um determinado estudo. Quando da carga de uma

série, todas as imagens pertencentes a esta são carregadas ao comando do usuário, sendo exibidas na tela em forma de *thumbnail*. Outra importante função do *Cyclops DICOM Editor* é permitir o lançamento de aplicativos para a execução de processamentos diversos sobre as imagens recuperadas ou lidas a partir de arquivos. Exemplo disto é o *CyclopsDicomSeriesEditor*, um software capaz de visualizar de séries de imagens e, executar diversas operações importantes para médicos radiologistas sobre as imagens: demarcação gráfica de áreas na imagem, medições, comentários, envio de imagens selecionadas por e-mail, mudanças de janela de visualização e *zoom* (DELLANI, 2001).

2.3 Cyclops DICOM SR Editor

O “*Cyclops DICOM SR Editor*” é um editor de documentos de interface amigável, capaz de produzir documentos de acordo com o padrão DICOM *Structured Report*. O aplicativo é a combinação de um editor de modelos de documentação com um editor de instâncias de documentos DICOM SR. Isto facilita o processo de criação de documentos através da utilização de modelos de documentação previamente desenvolvidos. O editor de modelos de documento permite que o usuário construa estruturas hierárquicas contendo a indicação de itens de informação necessários para documentar um dado tipo de exame e sugestões de valores para estes itens de informação. O editor de documentos retrata documentos SR em uma interface gráfica amigável e auxilia o usuário no processo de criação e edição de documentos DICOM SR permitindo o uso de protocolos como ponto-de-partida. Além disso, contém mecanismos para permitir que o usuário inclua outras informações necessárias para que o documento resultante seja compatível com o padrão DICOM SR (BORTOLUZZI, 2002).

O aplicativo ainda permite prover uma forma alternativa de visualização das informações constantes no documento, uma codificação XML dos documentos DICOM SR. Essa codificação aliada a uma folha de estilo, permite uma visualização confortável dos documentos em navegadores para a *Internet*.

2.4 Cyclops DICOM Waveform

Esta aplicação foi desenvolvida com o objetivo de suprir uma necessidade por parte do Projeto Cyclops que apresentava uma carência de ferramentas na área de sinais

biológicos, que até então a maioria dos trabalhos realizados no projeto era na área de processamento de imagens.

O “*Cyclops DICOM Waveform*” é um software totalmente orientado a objetos e multiplataforma desenvolvido em linguagem *Smalltalk*, que permite a visualização, impressão e análise de sinais de ECG, esta aplicação trabalha em conjunto com a aplicação “*Cyclops DICOM Editor*” que faz a interpretação do arquivo digital e disponibiliza para o “*Cyclops DICOM Waveform*” todos os objetos necessários para que este possa apresentar o traçado do ECG no monitor.

O *Cyclops DICOM Editor* é um servidor DICOM, que fica conectado em um ambiente de rede interligado a vários equipamentos de aquisição de imagens e sinais digitais, estes por sua vez geram exames, onde são transmitidos para armazenamento no banco de dados do *Cyclops DICOM Editor* que por sua vez fornece os exames para aplicações diversas como o *Cyclops DICOM Waveform*, por exemplo.

Uma das vantagens deste software em comparação aos softwares existentes está relacionada ao fato de ser uma aplicação multiplataforma, podendo ser executada em vários sistemas operacionais como *Linux*, *Windows 98*, *2000*, *Solaris* e *Mac Os*. Esta caracterização diminui o custo com despesas de manutenção e aquisição de equipamentos de informática.

Outra vantagem significativa é que o software não é vinculado a nenhum produto ou solução, tornando-o bem mais acessível a pequenas clínicas, hospitais públicos e postos de saúde.

O *software* tem como objetivo várias tarefas de auxílio para o profissional médico, dentre elas está a possibilidade de impressão dos exames de ECG e HD em papel A4 comum e também a conversão do exame de ECG (da imagem do vídeo) para o formato *bitmap* (bmp), para que o mesmo possa ser transmitido via *Internet* (ARAÚJO, 2002).

É importante destacar também a forte característica de orientação a objetos que o *software* possui, facilitando tanto a manutenção quanto a reutilização deste em trabalhos futuros.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Sistema de acesso *wireless*

Wireless pode ser compreendido como toda a gama de aplicações que se estende aos dispositivos móveis portáteis, como: telefones celulares, *palm-tops*, computadores de bolso e outros.

O funcionamento do sistema *wireless* é muito simples. Pode-se compará-lo ao do celular da seguinte maneira: existe uma antena num ponto central e estratégico. Esta antena está conectada à rede local de um servidor. A antena emite um sinal na frequência de 2.4 GHz (frequência livre para operação), utilizando o sistema chamado *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS). Este sinal é captado por uma antena e é levada até uma placa especial instalada dentro do computador cliente e, a partir daí, este computador estará conectado ao servidor. Estas placas são baseadas no padrão IEEE 802.11b Wi-Fi¹ de alta velocidade, sendo que existem hoje no mercado placas que permitem o acesso rápido às redes *wireless* com a utilização de rádios *plug-and-play* que operam na faixa de 2.4 GHz e não necessitam de licença especial (NEDELTCHEV, 2003).

3.1.1 WLAN

Uma WLAN é um tipo de rede local (LAN - *Local Area Network*) que utiliza ondas de rádio de alta frequência em vez de cabos para comunicação e transmissão de dados entre os nós. É um sistema de comunicação de dados flexível, implementado como extensão ou como alternativa a uma rede local com fios em um prédio ou um campus. A figura 1 mostra os pontos de acessos (*Access Point*), também chamadas de células transmissoras de rádio-frequência, que estão conectadas a uma LAN e transmitem informações para os equipamentos sem fio.

¹ Wi-Fi – *wireless fidelity* (fidelidade sem fio)- é o nome da marca comercial utilizada pela WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) para indicar a interoperabilidade de produtos WLAN.

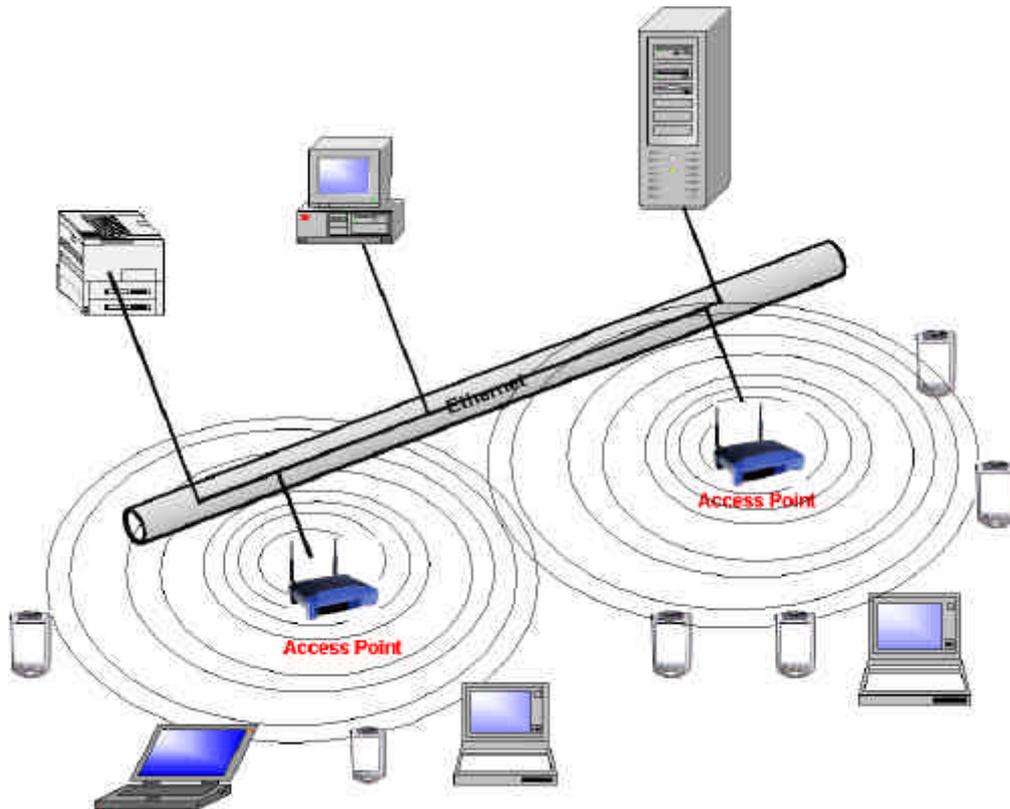


FIGURA 1: Rede *Wireless* LAN típica.

O uso de uma rede WLAN oferece algumas vantagens em vez de conexão de redes com fio:

- Maior produtividade - a WLAN proporciona acesso "liberado" à rede em todo o campus e à Internet. A WLAN oferece a liberdade de deslocamento mantendo-se a conexão;
- Configuração rápida e simples da rede - sem cabos a serem instalados;
- Flexibilidade de instalação - as WLANs podem ser instaladas em locais impossíveis para cabos e facilitam configurações temporárias e remanejamentos;
- Redução do custo de propriedade - as WLANs reduzem os custos de instalação porque dispensam cabeamento; por isso, a economia é ainda maior em ambientes sujeitos a mudanças frequentes;

- Crescimento progressivo - a expansão e a reconfiguração não apresentam complicações e, para incluir usuários, basta instalar o adaptador de LAN sem fio no dispositivo cliente (COMPAQ, 2003).

3.1.2 WAP

A tecnologia WAP (*Wireless Application Protocol*), na verdade, é capaz de abranger não só telefones celulares, mas diversos outros dispositivos portáteis e sem fio, como *handhelds*, *paggers* e rádios de duas vias. É inegável que todos eles são de uso específico e mais limitado do que os tradicionais computadores de mesa, em diversos aspectos. Suas telas são bem menores, com poucos centímetros quadrados e capazes de apresentar apenas algumas linhas de texto e, em muitos casos, monocromáticos.

Na maioria dos *handhelds*, que dispõem opção de reconhecimento de escrita de mão, através de uma tela sensível ao toque, os recursos para entrada de dados são restritos e tomam tempo extra. Devido ao tamanho reduzido, esses equipamentos também possuem menor poder de processamento e memória limitados, além de pouca autonomia de consumo de energia. Outro problema envolvendo esse tipo de equipamentos está nas conexões sem fio, que oferecem menos largura de banda, pouca velocidade e maior instabilidade do que as redes locais conectadas por fios.

Apesar de todas as desvantagens acima, o WAP foi projetado por uma associação criada em 1997 pela *Ericson Motorola, Nokia e Phone.com* – a *Wireless Application Protocol Forum*, justamente para facilitar a criação de aplicações na *Internet* para esses dispositivos portáteis.

As restrições de equipamentos como telefones celulares e *handhelds* dificulta extremamente o simples porte das aplicações desenhadas para computadores de mesa para um dispositivo de mão e sem recursos de conexão por cabos e fios tradicionais.

Pelo mesmo motivo, é complicado acessar e visualizar um *site* na *Web* a partir de telas reduzidas e com poucos botões para a navegação, mesmo por que as aplicações presentes na *Internet* foram desenvolvidas tendo em mente resoluções de 640 por 480 ou 800 por 600 *pixels* e o mouse com dispositivo de apontamento (PCWORLD, 2003).

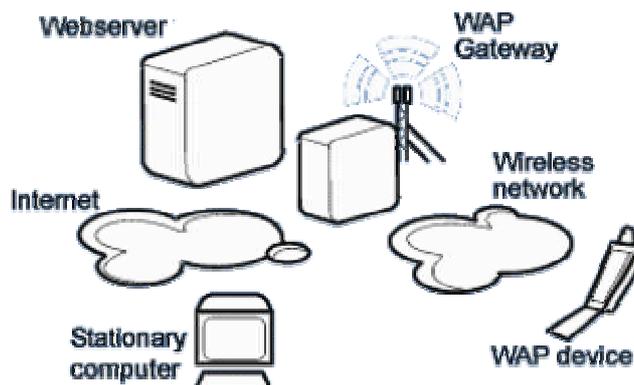


FIGURA 2: Esquema de funcionamento do modelo WAP

WAP foi desenvolvido de tal forma que qualquer dispositivo compatível possa acessar aplicações e serviços especialmente desenvolvidos para esse ambiente através da *Internet*. Na figura 2, o dispositivo WAP (um telefone celular, por exemplo), envia uma solicitação através da rede *wireless* para um *Gateway WAP*. O *gateway* converte a requisição para um protocolo da *Web* e a envia para o servidor *Web*. O servidor *Web* envia a resposta para o *gateway* onde a mesma é convertida e codificada, sendo enviada através da rede *wireless* até o dispositivo que originou a solicitação, onde é exibida.

3.1.3 Uso de PDA'S como ferramenta de trabalho

Aumentar o rendimento individual ou coletivo no trabalho - essa é a opinião geral do mercado a respeito do uso atual dos *handhelds*. De fato, mesmo com o crescimento do setor, o contingente de usuários não é significativo se comparado ao dos computadores de mesa. As razões talvez sejam o alto preço, os poucos pontos de venda e aquele velho receio das tecnologias mais recentes.

Um Assistente Digital Pessoal é um equipamento utilizado para realizar tarefas e disponibilizar serviços de uso pessoal. Além dos serviços mais comuns como agenda, editor de textos, calculadora, e outros mais, os PDA's vêm a cada dia implementando novas funcionalidades, sendo inclusive usados para acessar a *Internet*, e assim utilizar inúmeros outros serviços disponíveis na rede.

Mas algo que vem chamando a atenção é a demanda das grandes empresas, que encomendam vários *handhelds* para que os funcionários automatizem as vendas e

processos econômicos. Quando não é possível levar um computador a campo, o trabalhador transfere seus dados e planilhas e os controla em qualquer situação.

Alguns exemplos de segmentos que utilizam *palmtops* de maneira corporativa com muito sucesso:

- Montadoras de veículos - Um sistema de coleta de dados de manufatura na linha de montagem de seus carros, pode diminuir o tempo de emissão de relatórios estatísticos;
- Imobiliárias - Num sistema com um banco de dados, com todos os imóveis disponíveis pode ser baixado no *palm* onde todos os vendedores fazem o sincronismo como o computador central da empresa através da rede local, por linha discada ou por rede sem fio;
- Companhias Aéreas - Oferecem informações para serem visualizadas nos computadores de mão de seus clientes; Desde as linhas e horários oferecidos; Programa de Milhagens, até fornecer conteúdo para ser lido durante a viagem.
- Força de vendas - Os vendedores podem levar informações sempre atualizadas sobre produtos de sua empresa, fazer orçamentos e fechar pedidos na hora, junto ao cliente. Em segundos a informação pode estar na empresa, através da linha telefônica e um *modem*;
- Institutos de pesquisa - Sem planilhas, sem formulários. Fazer o seu levantamento de dados diretamente em um computador de mão. Totalizando os resultados com um simples toque. Os números podem ser enviados diretamente do local da pesquisa, pela linha telefônica. Resultados na hora e arquivados eletronicamente;
- Assistência técnica - Identifique equipamentos através do leitor de código de barras. Obtenha todo o histórico de serviços e registre as operações realizadas, atualizando o histórico do equipamento, gerando automaticamente relatórios de atendimento para o cliente e realizando o controle de despesas do técnico;
- Controle de estoques/logística - Localizar facilmente qualquer produto nas prateleiras de seu depósito. Acompanhe todos os movimentos de sua carga através de computadores de mão com leitores de código de barras. Tudo integrado ao sistema já existente em sua empresa;

- Manutenção de equipamentos - Profissionais de manutenção registrando o estado de máquinas e equipamentos da fábrica em computadores de mão com programas de manutenção preventiva. Os equipamentos podem ser facilmente identificados por códigos de barras;
- Busca de Produtos em Prateleiras - Complemente o seu serviço de compras pela *Internet*. Transfira a lista de produtos desejados para um computador de mão. Identifique cada produto do pedido pelo seu código de barras. Emita o cupom de compra automaticamente;
- Pesquisa de Preços - Sem planilhas, sem formulários. Faça o seu levantamento de dados diretamente em um computador de mão. Transfira as informações pela linha telefônica, sem necessidade de deslocamento;

Existem muitas outras áreas para a utilização desses equipamentos, mas o fator que levou a motivação para o desenvolvimento desse trabalho foi o emprego de PDA's em clínicas e hospitais, agilizando assim, o trabalho como um todo. Um médico pode prescrever um medicamento ou alterar um exame para um determinado paciente diretamente no leito. O sistema gera então, uma tarefa para determinada enfermeira e essa é informada *on-line* da prescrição a ser ministrada ao paciente. Com acesso a rede sem fio, é possível acessar os dados do paciente de qualquer lugar de um hospital.

3.1.4 Tipos de PDA's

Existem inúmeros tipos de PDA's disponíveis no mercado, dentre os quais destacam-se os Jornadas da HP, os iPAQ's da Compaq e os Palm's da Palm. A linha Palm é a mais conhecida e utilizada. Em todos eles, os dados digitados podem ser sincronizados e transferidos para o computador de mesa.

Apesar dos sistemas operacionais diferentes, a funcionalidade é a mesma. O Palm utiliza o sistema operacional "Palm OS".- atualmente, na versão 4.1, para 16 bits e, em breve o lançamento da versão 5.0, com arquitetura de 32 bits, cujos programas, além de simples, ocupam pouca memória. Ao mesmo tempo, por ser um sistema aberto, usuários e empresas criam programas para todos os fins (PALM, 2002).

A HP e a Compaq (figura 3), por sua vez, utilizam o Windows CE, que, evidentemente, têm a força da Microsoft como um ponto a favor. Esses aparelhos,

entretanto, precisam de mais espaço e por isso utilizam 32, 64 ou até 128 MB de memória, possuem acesso à rede sem fio e processadores que podem chegar a 400 MHz, tornando-os assim um pouco maiores em tamanho do que os da *Palm*. Os programas desenvolvidos para a plataforma *Palm* não funcionam no *Windows CE* e vice-versa, embora muitos estejam disponíveis para os dois tipos (COMPAQ, 2003).



FIGURA 3: iPAQ h5455 pocket pc

Muitos PCC (*Pockets PC*) têm multimídia e a possibilidade de trabalhar com vários programas e arquivos, simultaneamente. Alguns usam a tecnologia *bluetooth* e até WLAN. Os *Palms* são menores, mais leves, possuem sistema operacional rápido, uma infinidade de programas na Internet, bem baratos ou até de graça. Os *Palms* dominam uma comunidade de usuários bem superior à do PPC.

Em Dezembro de 2002 a Gradiente lançou no mercado o primeiro computador de mão com celular integrado, o “*Gradiente Partner*” (figura 4), capaz de oferecer convergência de dados, voz e Internet de alta velocidade. O *Pocket PC* inclui telefone celular e acesso a dados sem fio, além das versões compactas de aplicativos como o *Microsoft Outlook*, *Internet Explorer*, *Word* e *Excel* (GRADIENTE, 2002).



FIGURA 4:Gradient Partner.

Principalmente por utilizar a tecnologia de rede através de WLAN e dispor de um monitor colorido, o *projeto Cyclops* adotou a utilização do “Compaq iPAQ” como base nas pesquisas desenvolvidas. Uma desvantagem, talvez a maior, é o alto custo na aquisição do equipamento para o acesso a rede. São necessários além do *iPAQ*, uma jaqueta de expansão e um cartão de rede *wireless* padrão IEEE 802.11b.

3.1.5 Diferença entre PDAs e Handhelds

Handhelds são pequenos computadores que não utilizam o sistema operacional *Windows* ou *Linux* para *desktop*. Podem ser do tamanho de uma fita de vídeo ou até mesmo superar o tamanho de um *notebook*. A principal diferença entre *handhelds* e PDA's é o teclado. Os *handhelds* possuem teclados e os PDA's possuem escrita via caneta diretamente na tela sensível ao toque (*touch screen*) com software de reconhecimento, as principais vantagens destes aparelhos em relação aos *notebook* convencionais são:

- Menor preço;
- Menor peso;
- Maior velocidade (aplicativos enxutos, somente com o necessário).

Os handhelds ainda são divididos em 2 categorias:

- *Handheld PC* - Os *Handhelds PC* possuem o tamanho de uma fita de vídeo e sua tela geralmente não excede os 17 cm de diagonal. São recomendados para anotações rápidas e leitura e envio de e-mail. Podem possuir saída para VGA, *slots compact Flash* e fax modem interno. Utilizam o sistema operacional *Windows CE H/PC*;
- *Handheld PC Pro* - Já os *Handhelds PC Pros* são produtos maiores e geralmente possuem telas de mais de 20 cm na diagonal. São ótimos aliados quando é necessária digitação constante e/ou trabalho mais árduo. O *hardware*, porém é o mesmo que os H/PC. Estes equipamentos suportam conexões USB, *Hard Disks* tipo II e utilizam o sistema operacional *Windows CE H/PC PRO*.

3.2 Padronização de Informações de Paciente

Atualmente, para armazenamento e intercâmbio de dados médicos vem-se estabelecendo três normas: DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*), HL7 (*Health Level Seven*) e CEN/TC251. O padrão DICOM, de origem norte-americana, é suportado pela grande maioria dos equipamentos que trabalham com informações médicas digitais. A utilização de tecnologias de rede acessíveis e baratas (TCP/IP ou OSI) e a utilização de serviços disponibilizados por outros aparelhos que suportam o padrão DICOM é a garantia de que este padrão poderá ser facilmente integrado em um PACS já existente.

O Padrão DICOM abrange a codificação dos dados de imagens, informações associadas e a definição de diversas classes de serviços (armazenamento, recuperação, pesquisa e impressão de imagens). Formatos utilizados no armazenamento das imagens em meios removíveis, processos de negociação de associações para a transmissão dos dados das imagens através de redes também fazem parte desse padrão.

Com a criação do DICOM *Structured Reporting* - DICOM-SR, no ano de 2000, o padrão saiu do âmbito de imagens e sinais e passou a englobar também a *normatização* de estruturas e formatos de entidades do prontuário eletrônico de paciente, como laudos médicos e observações clínicas. O padrão DICOM-SR estabelece um método para construção e transferência de objetos que codificam documentos estruturados, podendo estes ser laudos, prescrições ou qualquer outro tipo de parecer ou observação clínica, organizada de acordo com uma formalização previamente definida do protocolo médico

para aquele exame ou prescrição. Os laudos estruturados facilitam a busca por informações específicas, a tradução do documento para outras línguas e a comparação entre diferentes laudos. Um laudo no padrão DICOM-SR utiliza terminologia controlada, tipicamente baseada no padrão SNOMED², como forma de evitar ambigüidades das linguagens naturais. Pode conter referências embutidas a imagens, eletrocardiogramas, arquivos de áudio e outros objetos DICOM.

O HL7 especifica as regras para a comunicação e o formato de troca dos dados na camada de Aplicação do Modelo OSI-TCP/IP (camada 7, segundo da Organização Internacional de Padrões - ISO), para a conexão de sistemas abertos (*Open System Interconnection* - OSI). Nele a comunicação se dá independente do software, hardware ou rede, proporcionando ao usuário liberdade para a busca da otimização. Com essa norma, será possível manipular todas as tarefas de comunicação de um hospital, acarretando consideráveis melhorias em sua eficiência. Para transmissão de imagens, o HL7 referencia o padrão DICOM (HL7, 2002).

O CEN/TC251 é um padrão criado pela União Européia, que foi adotado como norma ISO sob número TC215, sendo desenvolvido em conjunto com ANSI-HISB (*American National Standards Institute, Healthcare Informatics Standards Board*). Este padrão engloba tanto o escopo do DICOM como o do HL7, sendo dos três, o que é mais suportado por órgãos governamentais e supranacionais. Por outro lado, recebe pouca atenção por parte dos fabricantes de equipamentos. Engloba ainda: arquitetura de informação, padrões para transferência de dados, segurança e proteção (EU, 1996).

Neste trabalho escolheu-se para o desenvolvimento do protótipo aqui mostrado, implementar apenas o armazenamento e recuperação de dados de PEP no padrão DICOM SR. Isto se deveu ao fato deste ser o mais amplamente utilizado dos três padrões. O nosso objetivo é gerar interfaces para exportação destes dados também em uma forma compatível com o padrão HL7

²**SNOMED** - *Sistematic Nomenclature of Medicine* – padrão para normatização do uso da nomenclatura médica.

3.3 Ferramentas disponíveis

O objetivo aqui é analisar o estado da arte em computação móvel distribuída em hospitais no cenário internacional, discutir tecnologias e projetos-piloto já desenvolvidos pelo grupo nesta área e analisar as normas e padrões internacionais para este campo.

3.3.1 Contexto Internacional

O projeto de referência internacional na área é um projeto em fase final de desenvolvimento no Programa Tecnologias para Sociedade da Informação da União Européia, IST, sob número (IST-1999-10479, KA I), denominado *mobile Workflow Support and InformAtion distribution in Hospitals via voice-opeRateD Wireless Networked HANDheld PCs - WARD IN HAND* (figura 5) (ANCONA et al, 2000, DODERO et al, 2001). Como o projeto ainda se encontra em andamento, somente um relatório parcial está disponível (EU, 2002). Uma descrição sucinta pode ser encontrada em <http://www.wardinhand.org/>. O sistema esta sendo testado em três hospitais na Itália, Espanha e Alemanha.

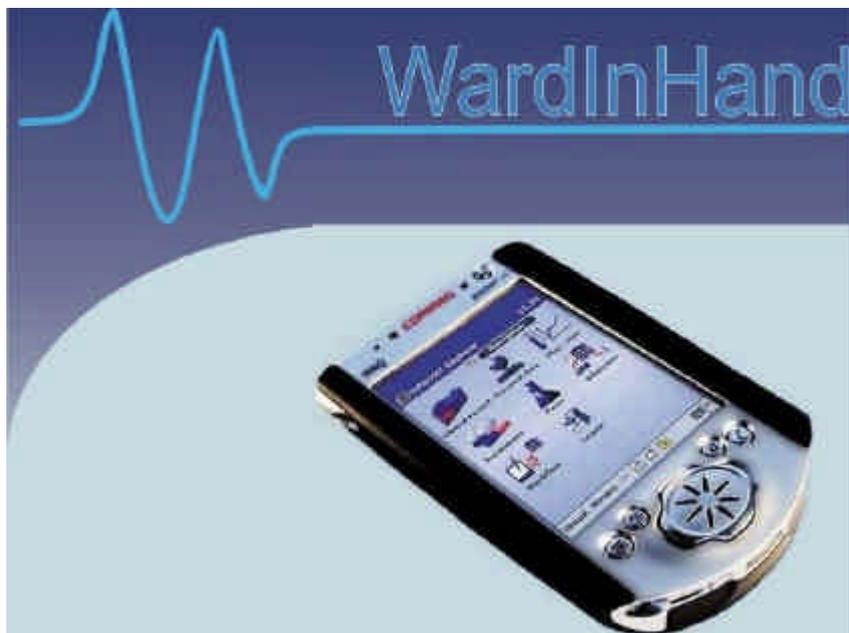


FIGURA 5: Projeto Ward in Hand.

Neste projeto, para solucionar problemas como as diferentes estruturas no processo de cuidados médicos e a dificuldade de fazer uma boa descrição das estruturas deste processo, implementou-se um *Workflow Designer* para customização dos sistemas de cada departamento, e um cliente organizador de *workflow* (Organizador Pessoal), o qual é usado individualmente por profissionais da saúde durante suas atividades diárias lembrando-os e assegurando a finalização de cada tarefa, através de acesso a um servidor via *browser* em um PDA. Os *workflows* modelados são fixos e lineares, não possuindo suporte ao planejamento não linear ou reatividade a contingências.

O gerenciador dos registros de pacientes do Ward-In-Hand permite um acesso limitado ao prontuário do paciente, possibilitando a navegação, atualização e modificações de informações textuais de cada paciente, por médicos, enfermeiras e pessoas autorizadas. Estas informações, armazenadas em uma base de dados de pacientes, podem ser acessadas através de um *browser* no *palmtop*, o que permite médicos e enfermeiros realizarem suas atividades em qualquer lugar do seu setor.

Existem também dois importantes produtos na área da medicina desenvolvidos para PDA's no mercado. Um, chamado "*reViewMD PDA*" da empresa Digisoft (*Digital Software Solutions*) que é produzido nos Estados Unidos (DIGISOFT, 2003). Com este software desenvolvido para *Pocket pc* pode-se conectar a um PACS DICOM, acessar as imagens do paciente selecionado e visualizá-las no PDA. É possível alterar o *window radiológico* da imagem em visualização, marcá-la com desenhos geográficos e alterar o fator de zoom. Uma grande deficiência deste é a impossibilidade de salvar essas imagens no banco de dados e enviá-las por e-mail a outros usuários. Esse software não dispõe também de uma ferramenta para a visualização de sinais de ECG e laudos de pacientes (figura 6).



FIGURA 6: Software para a visualização de imagens radiológicas da Digisoft.

O segundo produto também desenvolvido para visualização de imagens é o CHILI-(TELE-) RADIOLOGY AND PACS da empresa “*The Steinbeis-Transferzentrum Medizinische Informatik is a technology transfer center for medical informatics*” (CHILLI, 2003) produzido em cooperação com o “Centro de Pesquisa Alemão do Câncer” na Alemanha (figura 7). Com este software é possível a visualização no PDA de uma imagem enviada pelo servidor CHILI. Ele permite a mudança do *window radiológico*, adicionar marcações geométricas na imagem e alterar o fator zoom. Uma grande vantagem na utilização desse software é a possibilidade de envio das imagens armazenadas no dispositivo móvel por e-mail para outros usuários. Isso facilita o diagnóstico de um exame, pois é possível obter-se um laudo mais completo e preciso. A desvantagem desse produto é que ele não permite a visualização dessas imagens de forma on-line. O usuário precisa gravar as imagens no PDA e depois visualizá-las no dispositivo móvel. Também não está disponível a visualização de laudos estruturados dos pacientes.



FIGURA 7: CHILI-(TELE-) RADIOLOGY AND PACS.

Nos EUA ainda existem vários experimentos-piloto em escala muito menor, geralmente restrito a apenas um hospital e abordando apenas um aspecto do problema, principalmente na área de entrada de dados de pacientes e em atendimento de emergência. Podemos citar: projeto ProMED do *US Department of Defense* em conjunto com a *Apple Computer* para testar a usabilidade de PDAs *wireless* em atendimento médico militar de emergência; projetos similares, porém de uso civil, no *Good Samaritan Hospital* (Fairlawn, OH) e no *North Carolina Hospital*. Ainda na Europa temos o projeto do *Liverpool Women's Hospital* para planejamento terapêutico na presença de pacientes internados. Nenhum destes projetos possui a abrangência do Ward-In-Hand.

Por essas principais deficiências nos produtos disponíveis no mercado, pretende-se desenvolver um software capaz de visualizar e mudar o *window* radiológico de imagens de CT e RM. Visualizar US e sinais de ECG digital em seqüência. Acessar laudos estruturados no padrão DICOM-SR em forma de texto renderizado e principalmente adicionar novos laudos e prescrições médicas ao prontuário do paciente de forma on-line.

3.4 Tecnologias desenvolvidas pelos parceiros do presente Projeto

O Projeto Cyclops conta com diversas tecnologias desenvolvidas para a área médica. Com o objetivo de desenvolver e transferir métodos, técnicas e novas ferramentas na área para análise de imagens médicas usando técnicas de inteligência artificial e visão computacional. O Projeto preocupa-se principalmente com o desenvolvimento de tecnologias de rede local com fio e *wireless* compatíveis com os PACS no padrão DICOM 3.0, aplicações de processamento de imagens dirigidas para o suporte ao diagnóstico de imagens e tecnologias para o gerenciamento de atividades num hospital radiológico.

3.4.1 Engines para Workflow Médico

Nesta área, as pesquisas já desenvolvidas pelo grupo no âmbito da gerência inteligente de *workflow* para atendimento médico (FABER et al, 2001, KRECHEL et al, 2002, WANGENHEIM et al, 2000), trabalho premiado com o “*Best Paper Award*” no *IEEE Computer-Based Medical Systems* de 2002, fornecem uma plataforma única e ideal para a implementação do *workflow engine* necessário à componente de gestão de fluxo de trabalho e atendimento médico hospitalar a ser desenvolvida neste projeto.

O sistema desenvolvido pelo grupo, denominado POKMAT (FABER et al, 2001), baseia-se em IDAX (*Intelligent Design Assistant*), uma ferramenta de configuração e planejamento genérica, desenvolvida na década de 90 na Universidade de *Kaiserslautern*. POKMAT permite a modelagem de conhecimento tácito e explícito acerca de processos de atendimento médico e de análise e laudo de exames médicos em uma forma não-linear, possibilitando a modelagem, em uma base de conhecimentos, de passos abstratos em um *workflow* ou protocolo de exame, que são instanciados com um conjunto de passos concretos de acordo com contingências surgidas durante a operação do sistema. POKMAT permite a modelagem e execução flexível de protocolos de exames e laudos médicos, guiando pessoal médico e de enfermagem. No âmbito do Projeto *Cyclops*, esta tecnologia será ampliada no sentido de permitir também a modelagem de processos administrativos, como reserva de leitos, troca de lençóis, planejamento nutricional, etc.

POKMAT já foi utilizado para o desenvolvimento de várias aplicações de diferentes conteúdos de conhecimento. As principais são: *engine* de suporte de protocolo de laudo de ultra-sonografia no projeto IST/União Européia FM-Ultranet (*Foetal Malformation – Ultrasonography Training Networking Platform*) para detectar a má formação de fetos em uma imagem de ultra-som, bem como uma aplicação-piloto de suporte ao laudo radiológico para exames de ressonância magnética de joelho, realizada na Clínica Radiológica *Blasinger, Benz e Buddenbrock*, em *Mainz*, Alemanha, parceira da UFSC no Projeto Cyclops (KRECHEL et al, 2002).

4 METODOLOGIA

Com base no cliente DICOM, foi desenvolvida uma aplicação utilizando as classes do *VisualWave*³ adequada para ser visualizada em um navegador web, rodando em um monitor 200x320, chamado de *Cyclops PDA DICOM Editor*. Esse *front-end* para cliente *wireless* acessa um banco de dados criptografado *PostgreSQL*⁴, através de pontos de acesso ao serviço (*Service Access Point*).

Estes equipamentos são pequenos repetidores de rádio conectados fisicamente à rede *Ethernet* do hospital e funcionam basicamente como um HUB tradicional, provendo acessos a dispositivos sem fio que utiliza o padrão de comunicação IEEE 802.11b, para a transmissão dos dados de maneira rápida e segura. Permitem aos usuários uma liberdade maior de movimentos sem perder o acesso à rede de trabalho, tornando desnecessário o uso de cabos e permitindo-lhes compartilhar de forma fácil os recursos da rede, assim como periféricos que se encontram conectados a outros computadores.

Através da instalação de um *Access Point* em diferentes pontos da rede *Ethernet* existente num hospital ou clinica, o pessoal médico poderá acessar os serviços da rede mesmo em diferentes setores do hospital, usufruindo de recursos de mobilidade que este sistema proporciona. A figura 8 apresenta o equipamento utilizado no projeto.



FIGURA 8: *Wireless Network Access Point*

³ **VisualWave** – Permite que aplicações sejam publicadas na Internet. Na realidade faz uma tradução da aplicação para HTML.

⁴ **PostgreSQL** - Sistema Gerenciador de Bancos de Dados (SGBD) relacional e orientado a objetos. Oferece mecanismos eficientes de segurança e integridade de dados, além de suportar quase todas construções SQL.

4.1 Visualização de imagens

Como o aplicativo desenvolvido é um servidor HTML especial que traduz dados em formato DICOM para páginas HTML dinâmicas passíveis de serem visualizadas em um browser de um PDA. Pode-se acessar os dados a partir de qualquer estação remota que esteja conectada a rede do hospital. Para isto é necessário apenas um navegador de Internet, que permite uma interface de rede com funcionalidade universal e independente de plataforma.

O aplicativo oferece diferentes modalidades de consulta de imagens radiológicas e laudos médicos (DICOM SR), além de permitir a mudança do *window radiológico*⁵ das imagens de tomografias e ressonâncias magnéticas. A figura 9 mostra uma visão do cenário de aplicação dessa tecnologia (ANDRADE et al, 2003).

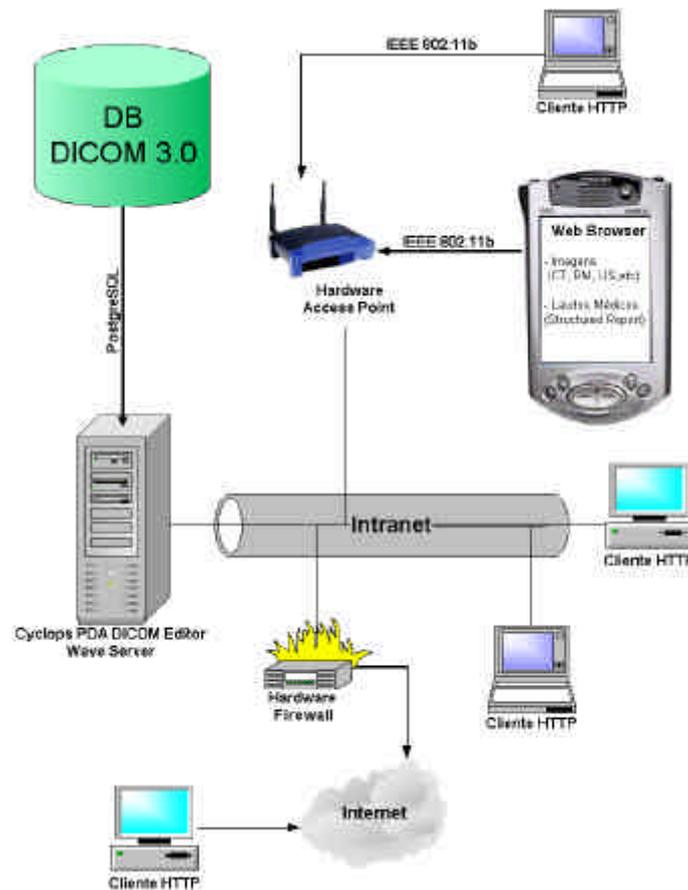


FIGURA 9: Visão esquemática do cenário de aplicação da tecnologia desenvolvida.

⁵ **Window Radiológico** – É uma técnica de representação da imagem em unidades da escala de *Houndsfield* (*Houndsfield Units* – HU).

A visualização das imagens de tomografia e ressonância magnética no CyclopsPDADicomEditor pode ser efetuada de duas maneiras distintas:

- **Window default:** as imagens são carregadas sem nenhuma alteração na especificação da janela radiológica (*window*) definida pelo operador do equipamento radiológico no momento da aquisição daquelas.
- **Window predefinido pelo usuário:** O servidor *CyclopsPDADicomEditor* recupera as imagens DICOM solicitadas pelo usuário no formato original (*raw data*) e gera uma nova representação destas imagens de acordo com os parâmetros de janela escolhidos pelo usuário, calculando uma nova paleta de cores e as disponibiliza no PDA. Como para cada alteração mínima de *window* é necessário recalcular toda a representação das imagens e reenviá-las via rede sem fio, optou-se por oferecer ao usuário apenas um conjunto de opções de *window* predefinidas, como “mediastino”, “tórax”, “osso”, etc, dentre as quais ele pode escolher uma. O *CyclopsPDADicomEditor* permite que os valores HU de largura, centro de janela e o número de opções disponíveis sejam configurados, e assim adaptados às necessidades do pessoal médico de um hospital específico.

As imagens fornecidas ao PDA pelo *CyclopsPDADicomEditor* são carregadas a partir do banco de dados DICOM como imagens DICOM de 12, 16 ou 24 bits, contendo 4096 (12 bits), 65536 (16 bits) tons de cinza ou 16 milhões (24 bits) de cores. As modalidades de 12 ou 16 bits representam valores de densidade radiológica variando de -1000 até +3000 HU (12 bits) ou contendo frações de HU (16 bits), dependendo do equipamento que as gerou. Estas imagens DICOM são convertidas para imagens JPEG (*Joint Photographics Experts Group*) de 24 bits, com uma paleta de 16 milhões de cores, se forem imagens coloridas (ultra-som), ou para imagens JPEG de tons de cinza de 8 bits com uma paleta de 256 cores para modalidades preto e branco. Se a modalidade de imagem a ser enviada possui *window* radiológico, a paleta de cores é calculada de forma a possibilitar a melhor representação possível do intervalo definido por *window width*. A limitação a 256 tons de cinza é dada pelo próprio padrão JPEG, mesmo que se use o subformato JPEG de 24 bits.

Para o cálculo da paleta de cores utilizam-se os valores de *window width* e *window center* escolhidos pelo usuário ou então os armazenados com a imagem, se o usuário utilizou a opção *default*. Valores de densidade radiológica (HU) menores ou

iguais ao limite inferior da janela são mapeados para a cor preta, valores de HU maiores ou iguais ao limite superior da janela são mapeados para a cor branca e os valores intermediários recebem um tom de cinza linearmente distribuído no intervalo de largura de janela.

As imagens de CT e MR são matrizes (cortes no eixo axial, x, y) de um volume tridimensional com espessura variando entre 1,5 e 10 mm que atingem uma resolução espacial de 0.3 e 1.5 mm². Ao comparar-se com a radiografia tradicional, que mostra 20 a 30 tons de cinza e possibilita distinguir somente quatro tipos de densidade (ossos, líquidos, gorduras e partes moles), a vantagem destas modalidades está no fato de apresentarem 256 tons de cinza. Assim podem-se distinguir vários tipos de estruturas e acabar com o problema de sobreposição de órgãos adjacentes encontradas em radiografias (BIASI, 2001). As imagens de ultra-som disponibilizadas são adquiridas diretamente de equipamentos de US DICOM ou então de equipamentos de US comuns através de captura de vídeo e posteriormente convertidas para DICOM com software especialmente desenvolvido no Projeto. A conversão para JPEG não acarreta nenhum tipo de perda para esta modalidade. A tabela 1 mostra algumas unidades radiológicas de HU em relação às estruturas as serem visualizadas, implementadas no aplicativo descrito.

Tabela 1: Escala de *Hounsfield* em relação às estruturas.

Tissue	Range of Hounsfield units
Air	-1000
Lung	-500 to -200
Fat	-200 to -50
Water	0
Blood	25
Muscle	25 to 40
Bone	200 to 1000

Fonte: van der Glas, 2000.

4.2 Níveis de Segurança

Pelo fato da aplicação manipular informações confidenciais de diversos pacientes, foram implementadas todas as políticas de segurança atualmente disponíveis para a comunicação DICOM:

- **Comunicação via rádio:** a rede WLAN instalada utiliza criptografia do sinal de rádio para evitar acesso não autorizado à rede por outros equipamentos que possuem interface WLAN;
- **Rede:** Todo o acesso a *Intranet* do Hospital, do qual a rede WLAN faz parte, é protegido por um *firewall*⁶ de acordo com os mais modernos padrões de segurança em redes.
- **Acesso ao Servidor:** Todo acesso ao *CyclopsPDADicomEditor* via navegador é realizado por meio de conexão segura através de encriptação SSL⁷, no mesmo nível de segurança utilizado por bancos e outras entidades do sistema financeiro. Apesar da rede do hospital encontrar-se conectada à Internet, o *firewall* bloqueia todo acesso ao *CyclopsPDADicomEditor* com origem externa à rede do hospital;
- **Autorização Acesso aos Dados do PEP DICOM:** O padrão DICOM 3.0, por ser desenvolvido para *Intranets* de hospitais, ainda implementa uma política de segurança voltada para o acesso à banco de dados e não ao registro. O sistema do hospital é dividido em vários bancos DICOM, separados por modalidade de exames e setores. Todos os bancos são administrados pelo mesmo servidor, o qual autoriza acesso limitado por senha a um determinado banco de dados, como por exemplo, “US-Obstetria”. Não existe controle de acesso explícito a um determinado exame ou paciente do banco. Esta é uma limitação imposta pelo padrão DICOM, que

⁶**Firewall:** é uma barreira inteligente entre a sua rede local e a Internet, através da qual só passa tráfego autorizado. Este tráfego é examinado pelo *firewall* em tempo real e a seleção é feita de acordo com a regra: - “o que não foi expressamente permitido, é proibido”.

⁷ **SSL:** é um protocolo de segurança projetado pela Netscape Communications Corporation. O SSL destina-se a dar segurança durante a transmissão de dados sensíveis por TCP/IP (o protocolo de comunicações usado na Internet). O SSL fornece criptografia de dados, autenticação de servidor e integridade de mensagem para transmissão de dados pela Internet.

reproduz as políticas de acesso a prontuários em papel comumente utilizadas em hospitais. Modificá-las é possível, mas implicaria em criar uma aplicação incompatível com a standardização atualmente em uso;

- **Inclusão e Modificação de Dados:** O sistema não permite que o usuário modifique quaisquer informações armazenadas no banco de dados. De acordo com a política do padrão DICOM, apenas novas informações podem ser adicionadas a um PEP, nada preexistente pode ser alterado ou apagado. O *CyclopsPDADicomEditor* disponibiliza uma interface que permite ao usuário escolher um protocolo de laudo ou de prescrição médica. Possibilita também realizar a inclusão de um novo laudo, observação clínica ou prescrição através do preenchimento deste e de sua autenticação com assinatura digital, mas não permite absolutamente que dados já armazenados no servidor sejam alterados.

Após a autenticação do usuário, com base num critério de pesquisa enviado ao servidor, o *CyclopsPDADICOMEditor* retorna uma lista dos pacientes que satisfazem o critério de pesquisa. Ao selecionar determinado paciente, uma nova requisição é submetida ao servidor, que retorna todos os estudos desse paciente em uma nova janela ao requisitante. A figura 10 mostra a visualização de uma imagem de tomografia computadorizada visualizada em um navegador de *Internet*, acessado através de uma rede local sem fio.



FIGURA 10: Exemplo de imagem tomográfica visualizada no *browser* do PDA.

Da mesma maneira são carregadas todas as séries a partir da escolha de um determinado estudo. Após a seleção de uma série, todas as imagens pertencentes a ela são recuperadas e exibidas diretamente no navegador *web*, possibilitando interagir com essas imagens.

Para a visualização das imagens o aplicativo converte-as para o formato JPEG e armazena-as em um diretório temporário no servidor. Quando for efetuada uma nova consulta ou quando o sistema for finalizado, as imagens serão excluídas. Quando uma nova seleção de *window* for aplicada, é enviada uma solicitação ao servidor, que gera uma nova visualização das imagens no formato do *window* radiológico selecionado. Para gerar esse *window*, foram utilizados alguns valores pré-definidos da escala de HU, facilitando assim a visualização dessas imagens no PDA.



FIGURA 11: Exemplo de visualização de um corte tomográfico em *window default*.

Devido o espaço para visualização na tela do PDA ser bastante limitado, somente as informações mais relevantes para a equipe médica são apresentadas. A figura 11

mostra um snapshot de um corte tomográfico acessado em um *browser* de Internet comum. O *pull-down* menu “*Select Window*” permite ao usuário modificar o *window* das imagens, que são automaticamente recarregadas quando há uma modificação da janela.

Os dados de modalidade *Structured Report* serão automaticamente visualizados pelo *CyclopsPDADicomEditor* na forma de texto. A figura 12 mostra um exemplo de um laudo DICOM SR.

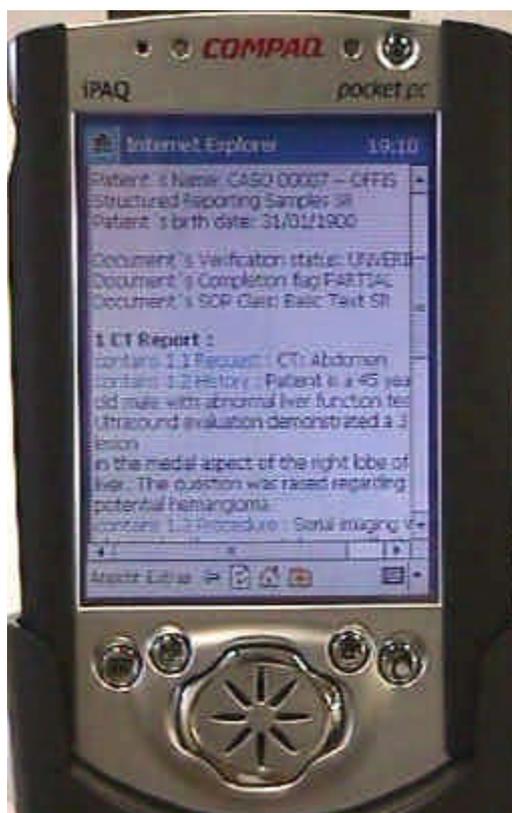


FIGURA 12: Visualização de um laudo DICOM SR.

O sistema também permite a visualização de um exame de ECG (figura 13) no PDA. Assim como acontece com a visualização das imagens, os intervalos completos dos sinais de *Waveform* são convertidos para arquivos JPEG antes de serem visualizados na página HTML. Todos os segmentos de onda são mostrados em seqüência, conforme a quantidade de canais do exame em questão. Diferente das imagens, um sinal de ECG visualizado na *web* não permite nenhuma interação com o sistema. O software somente mostra as informações contidas no banco de dados.

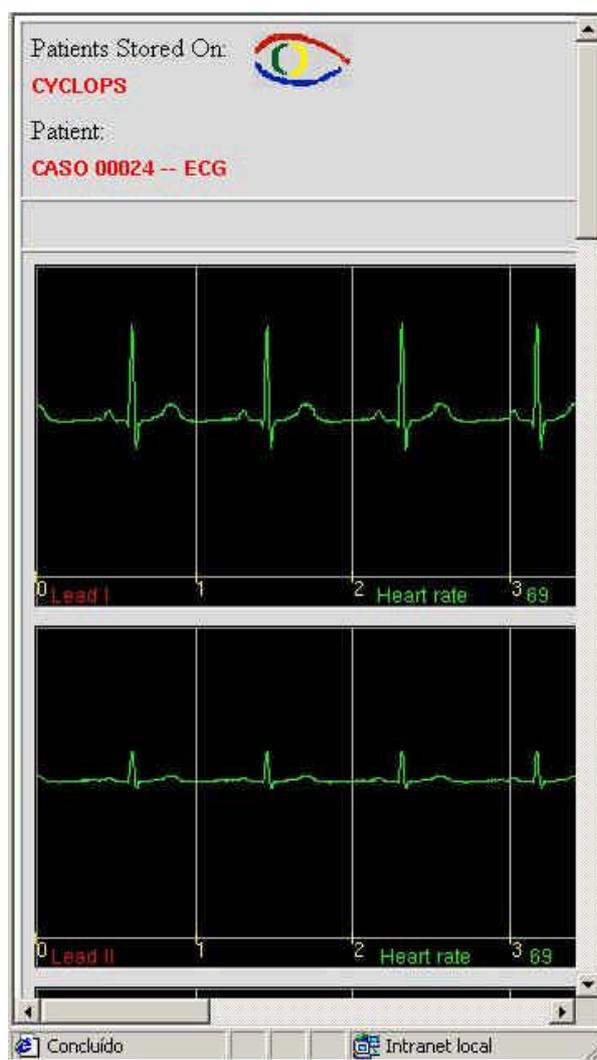


FIGURA 13: Visualização de um exame de ECG.

4.3 Tempos de acesso

O tempo de acesso das imagens depende de três fatores: velocidade da rede *wireless*, geração das páginas HTML e do acesso ao servidor DICOM. A velocidade da rede *wireless* varia de 2 Mbps em áreas com sinal de recepção inferior até 11 Mbps quando o sinal é melhor, que pode ser influenciado pelo número de *Access Points* distribuídos pelo hospital. O tempo total varia dependendo da tarefa em execução: uma consulta de novos dados DICOM leva mais tempo do que para gerar as imagens em um novo *window* radiológico. A tabela 2 mostra alguns resultados.

Tabela 2: Tempo de acesso das imagens carregadas a partir do PDA.

Modalidade	Tamanho da série	Resolução Imagem	Qualidade de Cores	1º Acesso	Tempo de regeneração depois de alterar o window
CT	43 cortes	512x512	8 bits	2min	55seg
MR	20 cortes	256x256	8 bits	20seg	10seg
US	11 snapshots	600x400	24 bits	30seg	n/a
ECG	12 canais	1000x200	24 bits	20seg	n/a

4.4 Edição de laudos SR

Com base no “*Cyclops DICOM SR Editor*” foi desenvolvida uma ferramenta para edição de modelos de laudo que permite ao usuário construir uma estrutura de hierarquia de laudo estruturado no padrão DICOM SR.

Para maior facilidade na criação de laudos *Structured Report*, foi implementado uma versão mais compacta do laudo que informa ao usuário os textos padrões e, permite a edição desses textos, a inclusão e a exclusão de novos itens ao laudo.

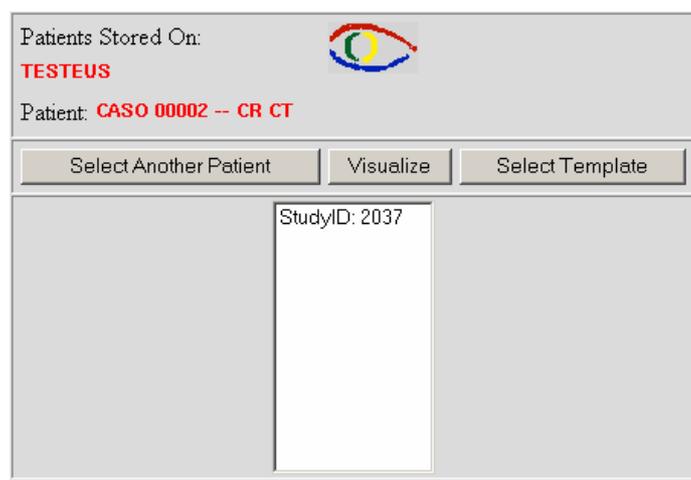


FIGURA 14: Lista de estudos de um Paciente

Para a criação de um laudo é preciso primeiro acessar os dados de um paciente armazenado em um banco de dados. Ao selecionar um paciente, o aplicativo gera uma nova página HTML com os dados dos estudos do paciente conforme mostrado na figura 14. Nessa tela é possível a visualização das séries desse estudo ou a criação de um novo laudo SR. Para criar uma nova série de laudos, é necessário selecionar um modelo de laudo clicando no botão “*Select Template*”.

Laudos para domínio específico, como por exemplo, laudos de exame oftalmológico em determinada clínica, podem ter um formato comum. O padrão DICOM SR permite que sejam usados modelos de laudos para aplicações específicas. Um SR *template* (modelo de SR) é um modelo de laudo padrão que sugere ou restringe a hierarquia de itens de conteúdo ou parte desta hierarquia e, que pode conter especificações de nomes de conceito (do par *nome-valor*), relacionamentos, tipos de valor e conjuntos de valores possíveis para um nome de conceito (CLUNIE, 2000).

Um modelo de laudo é criado no aplicativo “*Cyclops SR Template*” e exportado para um arquivo com extensão XML. Este modelo então é copiado para o servidor HTML onde será acessado pelo aplicativo. Ainda não há uma recomendação DICOM sobre como representar documentos DICOM SR em XML. Assim XML pode ser utilizado para uma apresentação alternativa do conteúdo de documentos SR, que pode ser enviada para outra instituição, mas não para o intercâmbio de documentos no padrão DICOM SR.

Ao clicar em “*Select Template*” uma nova requisição é enviada ao servidor que retorna a lista com os modelos de laudo disponíveis para a criação do SR (figura 15). Para criar um laudo é só selecionar um modelo da lista e clicar em “*New SR*”.

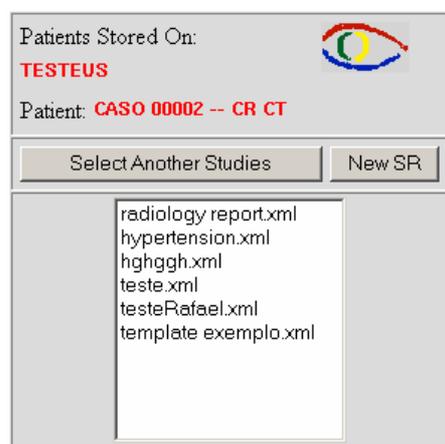


FIGURA 15: Visualização de uma lista de modelos de Laudos SR.

A próxima tela é a edição do laudo (figura 16). Nela é possível a alteração dos dados descritos em cada caixa de texto. Pode-se aceitar o texto como está descrito no modelo, criar novos itens ao laudo ou excluir itens que não sejam relevantes a este.

Ao final da edição do laudo, a pessoa responsável deve informar se o documento está completo e se ele foi verificado por alguém. Se ele foi verificado, deve-se obrigatoriamente informar o nome do médico responsável pelas informações ali contidas.

Todos os itens de conteúdo são organizados em uma hierarquia⁸ de informações, de modo que a informação nos níveis mais altos da hierarquia contém ou deriva de informações nos itens mais abaixo daquela. Para melhor visualização das hierarquias de cada item do laudo, o sistema mostra os subitens deslocados mais à direita dos itens a eles relacionados.

Patients Stored On: 
TESTEUS

Patient:
CASO 00002 -- CR CT

Select Another XML Template

Descricao

Fígado

Fígado de dimensões e contornos normais.

Bexiga

Bexiga distendida, de paredes finas e conteúdo líquido homogêneo.

Save to DB

Add Item Delete Item

Document Verified

Responsable

Complete Document

FIGURA 16: Visualização de um laudo SR.

⁸ Um laudo DICOM SR pode conter relacionamentos ditos "por referência" de um nodo para outro na hierarquia, de modo que a hierarquia se torne um grafo dirigido acíclico.

O sistema permite adicionar novos itens ao modelo sem alterar o próprio modelo. A figura 17 mostra a visualização de uma janela para adicionar novos itens de laudos ao modelo.

O padrão DICOM SR especifica oito diferentes tipos de relacionamentos, mas para o desenvolvimento desse projeto foram utilizados somente os quatro do tipo texto que são: “*has properties*” (tem propriedades, a informação do nodo filho é uma propriedade da informação do nodo pai), “*has observation Context*” (tem a observação do contexto, a informação no nodo filho é uma observação sobre a informação do nodo pai), “*has concept modifier*” (qualifica ou descreve o nome de conceito para o item alvo) e “*inferred from*” (item fonte compreende uma medida, ou outra inferência feita a partir do(s) item(ns) alvo). Para cada classe SOP (*Service Object Pair* - par serviço-objeto) de *Structured Report* existem regras que determinam quais tipos de valores os itens podem assumir e quais tipos de relacionamentos podem existir entre os diferentes tipos de itens (BORTOLUZZI, 2003).

The image shows a software dialog box for adding a new Structured Report (SR) item. At the top, it displays 'Patients Stored On: CYCLOPS' with a logo of a stylized eye. Below that, the patient information is 'Patient: CASO 00001 -- CR CT'. The main section of the dialog has four dropdown menus: 'Father Index Item' is set to '1 Descricao', 'Name' is set to 'Pancreas', 'Relation' is set to 'HAS OBSERVATION CONTEXT', and 'Item Type' is set to 'TEXT'. At the bottom of the dialog, there are two buttons: 'Add Item' and 'Cancel'.

FIGURA 17: Visualização de uma janela de inclusão de novos itens de SR.

Em um laudo estruturado, é importante poder especificar o contexto em que ele foi criado. O contexto inclui quem ou o que produziu o conteúdo do documento, sobre quem ou o que um item de informação se refere, ou o procedimento do qual determinada informação foi inferida. Este tipo de informação é chamado observação de contexto.

Para fazer este tipo de observação em um documento DICOM SR adiciona-se um item contendo a observação ao item topo da hierarquia ou do ramo da hierarquia cuja

observação se refere. Desta forma a informação no item de observação de contexto é válida para todos os itens desta hierarquia. O relacionamento entre o item topo e o item de observação deve ser do tipo "*has observation context*".

Para que o usuário inclua um novo item é necessário selecionar qual será o item pai desse novo item, selecionar o nome do item, o relacionamento entre esses itens e o tipo do item escolhido. Como nesse trabalho foi desenvolvida somente a edição de laudo para relacionamentos do tipo texto, no menu onde são informados os tipos de itens, somente estará disponível a opção "TEXT" para a seleção.

Patients Stored On: 
TESTEUS
Patient:
CASO 00002 -- CR CT

Select Another XML Template

Descricao
Figado
Figado de dimensões e contornos normais.

Bexiga
Bexiga distendida, de paredes finas e conteúdo líquido homogêneo.

CONCLUSAO
Estudo tomográfico computadorizado do abdome e pelve dentro dos parâmetros da normalidade.

Save to DB

Add Item Delete Item

Document Verified
Responsible
 Complete Document

FIGURA 18: Tela de edição de laudos SR com um item adicionado

Após a inclusão do novo item, o sistema gera novamente uma nova página HTML com as novas informações solicitadas. A figura 18 mostra a visualização do laudo com

um novo item adicionado ao mesmo, mantendo a hierarquia de informações dos itens de conteúdo indexados na página de forma indentada.

É possível também a exclusão de um item que não seja relevante ao laudo naquele momento. A figura 19 mostra a visualização de uma janela para a exclusão do item.

Ao excluir um item de conteúdo de um documento SR, o sistema exclui também cada um dos seus itens descendentes e cada um dos relacionamentos “por referência” que o têm como alvo o item selecionado.

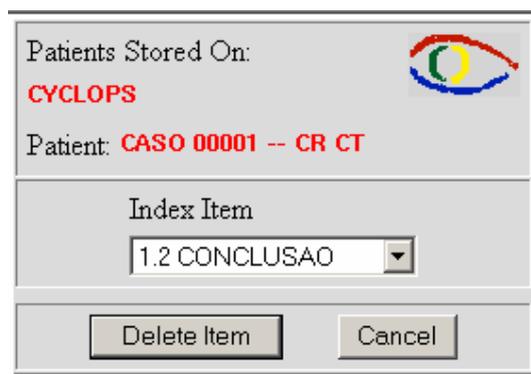


FIGURA 19: Janela para a exclusão de item de laudo SR.

Depois de terminar a edição do laudo é possível salvar esse documento no banco de dados. Ao clicar no botão “*Save to DB*” o aplicativo executa o método que verifica qual o estudo do paciente está selecionado, adiciona uma nova série com outro ID àquele estudo e armazena as informações do paciente no banco de dados. Ao final do processo de gravação, o sistema retorna uma mensagem ao usuário informando que os dados foram gravados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de imagens médicas provenientes de exames radiológicos, como a ultrasonografia, a radiologia convencional, a tomografia computadorizada, a ressonância magnética e a medicina nuclear como ferramentas de auxílio ao diagnóstico de uma série de doenças vem a algum tempo sendo usada em clínicas radiológicas e hospitais.

A inter-relação entre clínicas, hospitais, departamentos de radiologia e outros departamentos, principalmente a UTI e unidade de emergência, é de fundamental importância e depende cada vez mais da acessibilidade destas imagens a partir de qualquer localização física dentro ou fora do hospital ou clínica de origem.

A necessidade de o médico ter acesso às informações de seus pacientes em qualquer setor do hospital permite a ele uma maior mobilidade e facilidade na execução de suas tarefas. É de fundamental importância que os profissionais da saúde possam ter acesso aos dados dos pacientes independente do local onde se encontram. A remoção desta barreira física poderá resultar em um ganho significativo de tempo e de esforço dos profissionais envolvidos.

A primeira versão protótipo do sistema encontra-se em fase de testes no Centro de Estudos – CES do Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, onde será avaliada a viabilidade de utilização do sistema em auxílio ao corpo clínico hospitalar.

Esse sistema oferece algumas vantagens na utilização de computadores de mão para acesso a imagens e a laudos médicos: o sistema é baseado numa interface web, que permite a integração de diferentes sistemas e aplicações DICOM, além de um acesso eficiente de forma mais flexível ao banco de dados de imagens.

Esse estudo preliminar mostra que é possível a utilização de computadores de mão a visualização, avaliação, manipulação de imagens e laudos médicos dentro de ambientes hospitalares, possibilitando aos médicos e enfermeiras acesso a estes dados em qualquer setor do hospital.

5.1 Trabalhos Futuros

Com o transcorrer do desenvolvimento dessa pesquisa foram observadas diversas outras necessidades as quais darão continuidade ao projeto. Por exemplo, o sistema não funciona quando o usuário estiver fora do alcance da rede.

Foi então submetido à chamada de projetos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - RHAIE Inovação - um projeto para o desenvolvimento de um aplicativo residente no PDA.

O projeto consiste no desenvolvimento de uma plataforma de tecnologias de software e equipamentos computacionais móveis para sistemas de informação e *workflow* hospitalar utilizando redes *wireless* e gestão de *workflow* através de padrões internacionais para dados médicos. Essa tecnologia possibilitará a integração do acesso e da manipulação distribuída móvel dos dados de pacientes e gestão de *workflow* hospitalar, em um único sistema integrado. Utilizará tecnologias de redes de computadores sem fio, sistemas de gestão inteligente de *workflow* (*workflow engines*), servidores de imagens e dados médicos (*PACS*) e, computadores de mão.

O projeto será desenvolvido em parceria com uma empresa de desenvolvimento de produtos e soluções na área de telecomunicações e mobilidade, que prevê a implementação de um aplicativo residente no PDA, tendo como objetivo:

- Acesso a dados de laudos médicos armazenados no padrão DICOM SR;
- Acesso a dados de imagens de TC, RM, US e sinais de ECG armazenados no formato DICOM;
- Controlar as atividades de médicos e enfermeiras no atendimento direto ao leito dos pacientes;
- Permitir a visualização e modificação off-line dos dados do prontuário quando o equipamento encontrar-se fora da área de cobertura da rede *wireless*. A atualização dos dados será efetuada quando o usuário retornar à área de cobertura.

6 GLOSSÁRIO

ANSI-HISB – American National Standards Institute, Healthcare Informatics
Standards Board

CT – Computerized Tomography

DICOM - Digital Imaging and Communications in Medicine

DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum

ECG –Eletrocardiograma

HD – Hemodynamic

HIS – Hospital Information Systems

HL7 – Health Level Seven

ISO – International Standard Organization

JPEG – Joint Photographic Experts Group

MR – Magnetic Resonance

ODBC – Open Database Connectivity

OSI – Open System Interconnection

PACS – Picture Archiving and Communication Systems

PDA – Personal Digital Assistant

PEP – Prontuário Eletrônico de Paciente

PPC – Pocket PC

RIS – Radiology Information Systems

SCP – Service Class Provider

SGBD – Sistema Gerenciador de Banco de Dados

SSL – Secure Sockets Layer

TCP/IP – Transmission Control Protocol/Internet Protocol

US – Ultrasonography

XML – Extensible Markup Language

WLAN – *Wireless* Local Area Network

WWW – World Wide Web

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANCONA, M., G.Dodero, V. Gianuzzi, F.Minuto, M.Guida; *Mobile computing in a hospital: the Ward-In-Hand project*. SAC 2000 - ACM Symposium on Applied Computing, Março, 2000, Villa Olmo, Como, Italy

ANDRADE, Rafael, Wangenheim, A.v., Bortoluzzi, Mariana K., Biasi, Herculando H. *A Strategy for a Wireless Patient Record and Image Data*. Computer Assisted Radiology and Surgery Proceedings Of The 17th Congress and Exhibition London – CARS. v1256c, p.869-872, 2003.

ARAUJO, Gilson Anselmo de. *Desenvolvimento de um cliente PACS DICOM 3.0 – compatível para consulta análise e laudo de exames de eletrocardiograma digital*, [dissertação], Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

ARENSON, RL, Andriole KP, Avrin DE, et al: *Computers in Imaging and Health Care: Now and in the Future*. Journal of Digital Imaging Vol 13 No 4, 2000.

BIASI, Herculano Haymussi De. *Desenvolvimento de uma metodologia de visão computacional para auxílio no planejamento cirúrgico no implante de próteses Endoluminais*, [dissertação], Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

BORTOLUZZI, Mariana K., Wangenheim, Aldo v., Sehn, Michel, et al; *Um Editor de Laudos no padrão DICOM Structured Report*. Anais do Congresso Brasileiro de Informática em Saúde-CBIS. Outubro 2002, Brasil.

_____, Mariana Kessler. *Desenvolvimento e implementação de um editor de documentos estruturados no padrão DICOM Structured Report*, [dissertação], Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

CHILLI, (TELE-) RADIOLOGY AND PACS. Disponível em <<http://www.chili-radiology.com/>>. Acessado em 04 de maio de 2003.

CLUNIE, David A. DICOM Structured Reporting; PixelMed Publishing; Bangor, Pennsylvania; 2000.

COMPAQ. *Compaq do Brasil*. Disponível em: <<http://www.compaq.com.br>>. Acessado em 11 de fevereiro de 2003.

CYCLOPS. The Cyclops Project. Disponível em (<http://www.inf.ufsc.br/cyclops>) Acessado em 01 de abril de 2003.

DELLANI, Paulo Roberto. *Desenvolvimento de um Servidor de Imagens Médicas Digitais no Padrão Dicom* [dissertação], UFSC, 2001.

DIGISOFT. Digital Software Solutions. Disponível em <<http://www.digisoftdirect.com>>. Acessado em 04 de maio de 2003.

DODERO, G., V.Gianuzzi, E.Coscia, S.Virtuoso; *Wireless networking with a PDA: the Ward-In-Hand project*. Proc. Workshop on "CORBA and XML: towards a bioinformatics integrated network environment", Genova, 17-18 May 2001. 115-118.

EUROPEAN Committee for Standardisation, Technical Committee 251. *Standards in Healthcare Informatics & Telematics - Medical Informatics CEN/TC251*, 1996 Disponível em (<http://www.centc251.org/>). Acessado em 29 de maio 2002.

_____. European Committee For Standardisation; *A mobile e-health system based on workflow automation tool*. Information Society RTD Standards Implementation Report, May, 2002

FABER, K., D.Krechel, D.Reidenbach, A.v.Wangenheim, P.R.Wille; *Modelling of Radiological Examinations with POKMAT, a Process Oriented Knowledge Management Tool*. In: CBMS2001 - 14th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems, 2001, Bethesda, EUA. IEEE Computer Society Press, 2001

GRADIENTE ELETRÔNICA S/A. Disponível em:<
<http://www.gradiente.com/site/home/index.asp>> Acessado em 26 de dezembro de 2002.

HL7. Health Level-7 Standards home page. Disponível em (<http://www.hl7.org>).
 Acessado em 28 de maio de 2002.

KRECHEL, D., R.Bergmann, K.Maximini, A.v.Wangenheim; *A Framework for Radiological Assistant Systems*. CBMS2002 – IEEE Computer-Based Medical Systems, Junho, 2002, Malibor, Eslovênia. IEEE Computer Society Press, 2002.

NEDELTCHEV, P. *Wireless Local Area Network and the 802.11 Standard*. Disponível em: <<http://citeseer.nj.nec.com/548751.html>>. Acessado em 10 de fevereiro de 2003.

PALM. Palm, Inc. Disponível em: <<http://www.palm.com>> Acessado em 29 de novembro de 2002.

REVISTA PC WORLD. Disponível em:
 <<http://pcworld.terra.com.br/pcw/pcworld.html>>. Acessado em 13 de fevereiro de 2003.

WANGENHEIM, A.v., D.Krechel, J.M.Barreto, M.M.Richter, K.Blasinger. *Cyclops - Expert System Shell for the Development of Applications in the Area of Medical Image Analysis*. In: Proceedings of the 4th German-Brazilian Workshop on Information Technology. DLR/CNPq, 1997.

_____, A.v., D.Krechel, E.Comunello, K.Blasinger, K. Faber, D.Reidenbach. *A Workflow Component for Knowledge Management in the field of Radiological Examinations*. In: BVM'2000 -Bildverarbeitung fuer die Medizin. v.1. p.6-10, 2000. Munique, Alemanha.

ANEXO 1 SMALTALK VISUALWAVE SERVER CONSOLE

The screenshot displays the 'VisualWave Server Console' window. At the top, the title bar reads 'Server Console'. Below it, the main title is 'VisualWave Server Console'. A table lists two server instances:

TinyHttpServer	inactive	cranio:8080	a PathInfoPrefixResolver
TinyHttpServer	active	falange:8080	a PathInfoPrefixResolver

Below the table is a row of control buttons: 'Create Server', 'Edit Server', 'Start', 'Shutdown', 'Edit Resolver', 'View Traffic', and 'Delete Server'. The main area contains a log of traffic from 'falange.telemedicina.ufsc.br':

```
falange.telemedicina.ufsc.br: POST /submit -> 200 text/html 10:59:37 pm
falange.telemedicina.ufsc.br: GET /submit -> 200 image/gif 10:59:34 pm
falange.telemedicina.ufsc.br: GET /submit -> 200 image/gif 10:59:34 pm
falange.telemedicina.ufsc.br: GET /submit -> 200 image/gif 10:59:34 pm
falange.telemedicina.ufsc.br: POST /submit -> 200 text/html 10:59:34 pm
falange.telemedicina.ufsc.br: GET /submit -> 200 image/gif 10:59:30 pm
falange.telemedicina.ufsc.br: GET /launch/PDADicom -> 200 text/html 10:59:30 pm
falange.telemedicina.ufsc.br: POST /submit -> 200 text/html 10:59:27 pm
falange.telemedicina.ufsc.br: GET /submit -> 200 image/gif 10:59:26 pm
falange.telemedicina.ufsc.br: GET /submit -> 200 image/gif 10:59:26 pm
falange.telemedicina.ufsc.br: GET /submit -> 200 image/gif 10:59:25 pm
falange.telemedicina.ufsc.br: POST /submit -> 200 text/html 10:59:25 pm
```

At the bottom, there is a row of buttons: 'Stop logging', 'Request/Answer', 'Session', 'All Sessions', and 'Reset Log'.

ANEXO 2 ANÁLISE DE REQUISITOS

DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA PERMITIR O ACESSO A IMAGENS MÉDICAS NO PADRÃO DICOM EM EQUIPAMENTOS WIRELESS

Rafael Andrade

RESUMO

Este trabalho sugere uma tecnologia de software na qual o pessoal médico e de enfermagem deverão ser equipados com um computador de mão (PDA - *Personal Digital Assistant*) ligado via de computadores local por rádio (WLAN) a um servidor central que proverá acesso a dados de paciente e informará ativamente sobre distribuição de tarefas e pendências.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de Sistemas de Arquivamento e Comunicação de Imagens (PACS - *Picture Archiving and Communication Systems*) e também de sistemas de Prontuário Eletrônico está cada vez mais difundida entre hospitais e clínicas brasileiros. Essa utilização, juntamente com o crescente interesse pela telemedicina, exige a necessidade de normatização do armazenamento e transmissão dos dados clínicos e administrativos, forçando a interoperabilidade dos sistemas de diversos fabricantes.

Apesar desses avanços, os procedimentos de tratamento médico no leito do paciente ainda estão fora do escopo dos sistemas atuais. Isto significa, que a checagem durante a visita médica, o andamento dos tratamentos, a execução e conferência da prescrição de medicamentos e outros tratamentos, assim como a sua administração, não desfruta ainda de suporte computadorizado. Além disso, a inclusão de novos dados ao prontuário, atividade que ainda necessita ser realizada através de anotações em papel e mais tarde digitadas, ocasiona atrasos na disponibilização dessas informações ao prontuário do paciente.

Como consequência, existem muitas informações importantes, como por exemplo, o fluxo de trabalho clínico e o diagnóstico, que não podem ser prontamente acessados durante uma visita médica ao leito do paciente ou em situações de emergência.

Este problema pode ser resolvido através da utilização de computadores móveis (PDAs) conectados por meio de uma rede local de computadores sem fio (*Wireless LAN*) às bases de dados centrais e da utilização de uma ferramenta para o controle do fluxo de trabalho e distribuição de tarefas.

2. MODELOS DO DOMÍNIO DO PROBLEMA

Neste capítulo serão apresentados o modelo de processo de negócio e os diagramas de caso de uso.

2.1 Organograma

Na figura 1 podemos ver a organização dos módulos do sistema *Cyclops PDA DICOM Editor*.

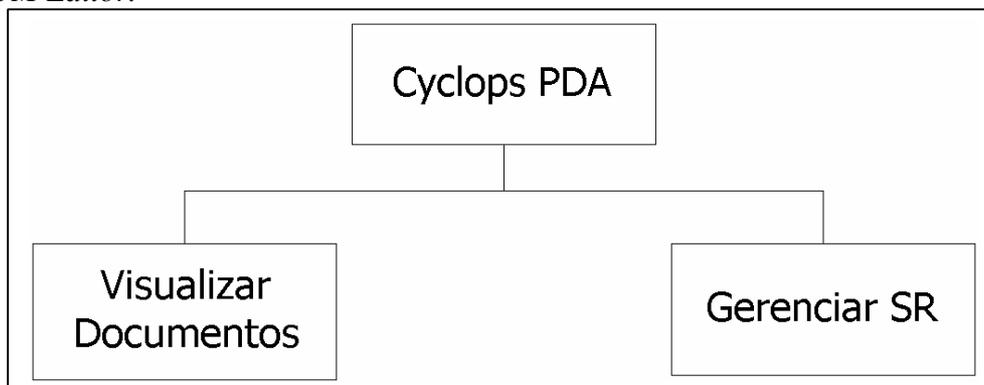


Figura 1: Organograma Cyclops PDA

Visualizar Documentos – Este módulo vai controlar as imagens solicitadas ao banco de dados pelo cliente, permitindo a mudança do *window* radiológico das imagens e possibilitará a visualização do DICOM SR renderizado de cada paciente.

Gerenciar SR – Este módulo vai controlar o acesso dos estudos de DICOM Structured Reporting (SR). Permitirá a visualização, edição, deletar e salvar cada laudo estruturado no banco de dados.

2.2 Casos de uso

Na figura 2 pode ser visto o diagrama principal e sua relação entre o autor (cliente) com os módulos do sistema.

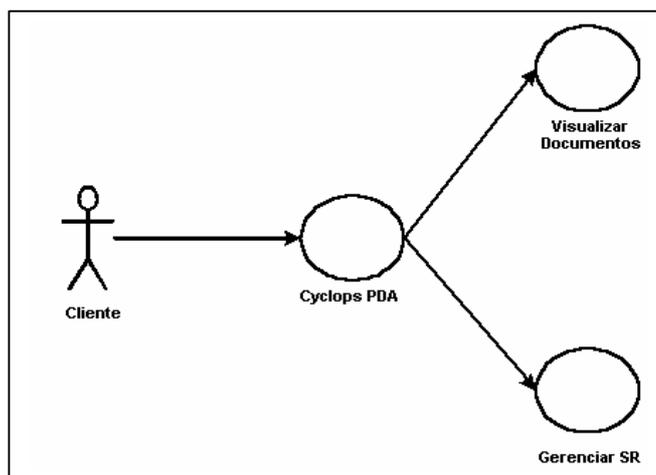


Figura 2: Diagrama Casos de Uso – Visão geral.

No diagrama a seguir (figura 3) pode se ver um refinamento do diagrama de casos – Visão geral, o módulo Gerenciar SR que é desmembrado em outros casos de uso.

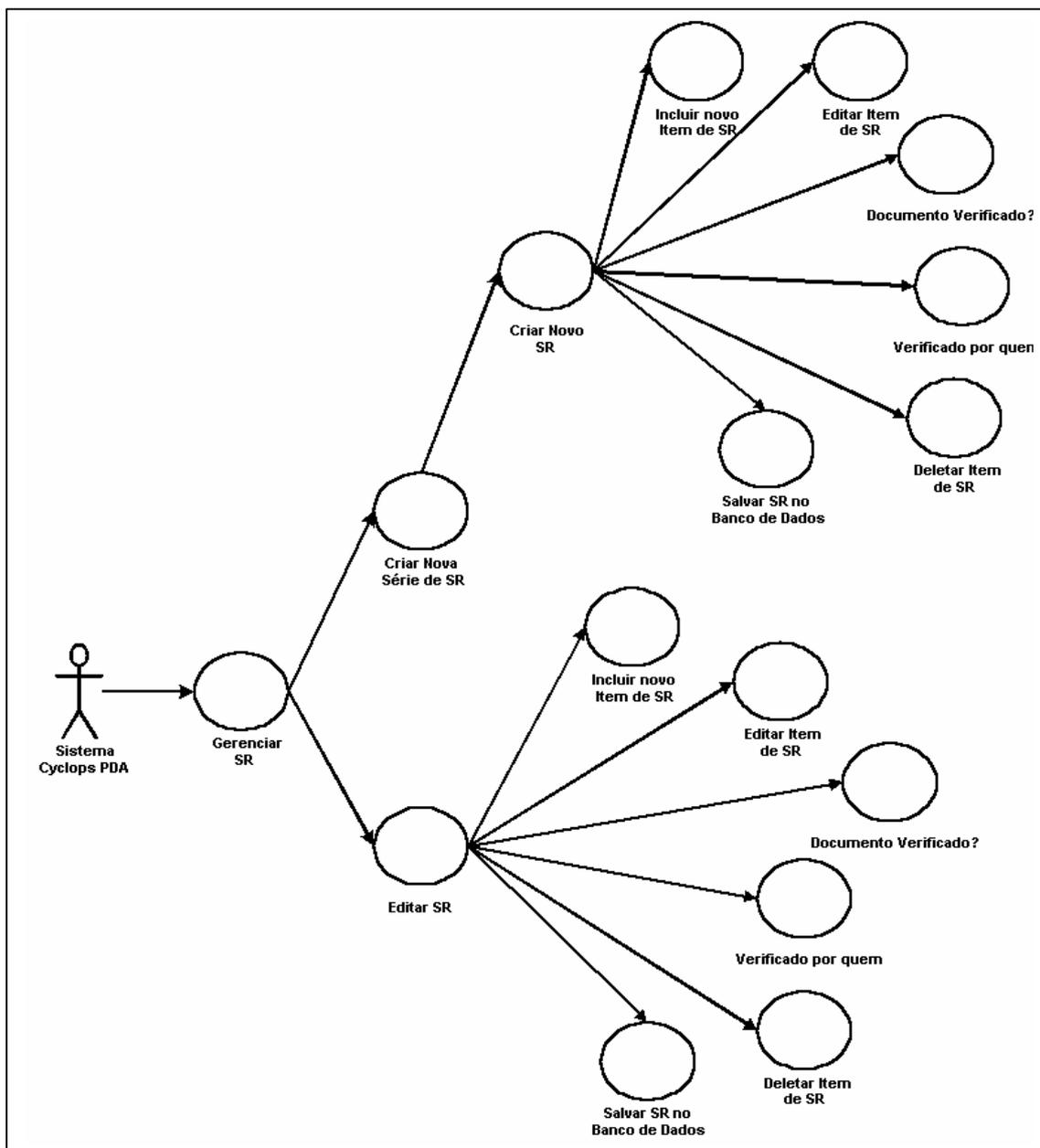


Figura 3: Diagrama Casos de Uso – Refinamento Gerenciar SR

Para melhor compreender a figura 3, abaixo descreve com mais detalhes os fluxos de eventos:

Criar nova série de SR – O cliente poderá adicionar uma nova série de SR a partir de um estudo de um paciente.

Criar novo SR – O cliente poderá criar um novo SR a partir de uma série já existente.

Incluir novo item de SR – O cliente poderá adicionar novos itens em um SR em edição.

Editar item de SR – o cliente poderá editar o item, modificando da forma que lhe convier ou aceitar o texto pré-escrito.

Documento Verificado? – Este campo exhibe se o documento foi ou não verificado por uma pessoa responsável.

Verificado por quem – Exhibe o nome da pessoa que verificou o documento.

Deletar item de SR – O cliente poderá a qualquer momento excluir um campo desnecessário do SR em edição.

Salvar SR no Banco de Dados – O cliente poderá salvar um SR no banco de dados em que ele visualizou aquele SR. Somente poderá ser salvo um SR após ter sido preenchidos todos os campos do SR.

Editar SR – O cliente poderá editar todos os campos de um SR. Poderá alterar um texto do campo ou aceitar o texto já descrito no campo em edição. Ao editar um item de SR, o cliente terá as mesmas funcionalidades do Item “Criar Novo SR”, ou seja, poderá incluir novo item de SR, editar item, verificar item, salvar no banco de dados.

A seguir veremos o refinamento do módulo “Visualizar documentos”.

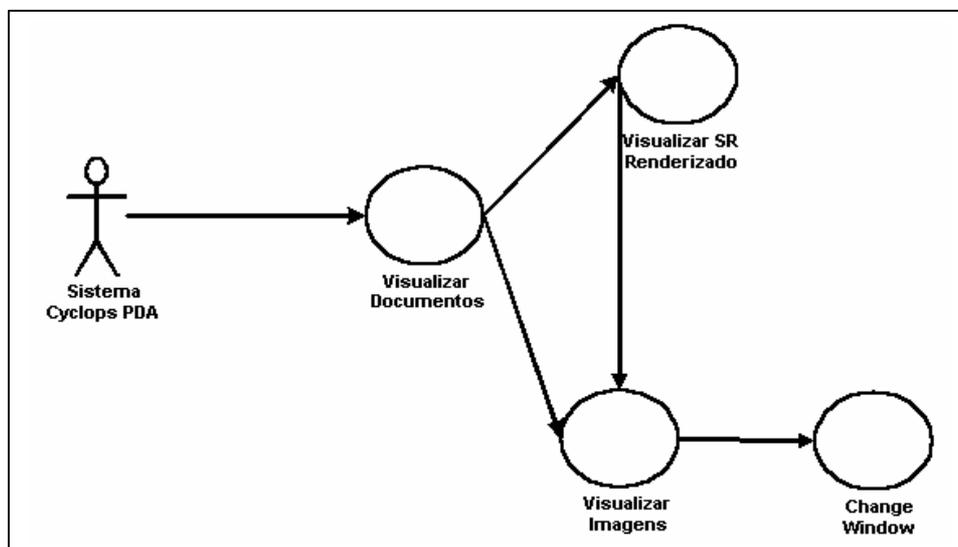


Figura 420: Diagrama Casos de Uso – Visualizar documentos.

Para melhor compreender a figura 4, abaixo descreve com mais detalhes os fluxos de eventos:

Visualizar Imagens – o cliente ao acessar o sistema, poderá solicitar a visualização das imagens de tomografia computadorizada, ultra-som e ressonância magnética.

Change Window – Após acessar as imagens, o cliente poderá modificar o *window* radiológico das imagens solicitadas.

Visualizar SR Renderizado – O cliente poderá acessar um SR de um paciente e visualizá-lo de forma renderizada. O cliente pode também a partir de um SR renderizado visualizar uma imagem e mudar seu *window*.

3. REQUISITOS

Este capítulo descreve os requisitos do sistema.

3.1 Requisitos funcionais

- RF1** - Criar um servidor HTML para converter uma aplicação Smalltalk em HTML
Entrada: Smalltalk VisualWave Server.
Saída: servidor HTML com um diretório temporário para o armazenamento das imagens convertidas em JPEG.
- RF2** - Criar uma chave de criptografia para acesso ao sistema.
Entrada: criar usuários e senhas para acesso ao sistema.
Saída: tela de login e senha para acesso ao sistema.
- RF3** - Acessar o banco de dados DICOM.
Entrada: comunicação com Cyclops Dicom Server que se comunica com o banco de dados para consulta das informações solicitadas.
Saída: retorna a lista de bancos disponíveis e monta essa lista em uma página HTML.
- RF4** - Acessar a lista de pacientes de um banco de dados;
Entrada: clicar no banco de imagens referente à consulta solicitada
Saída: nova tela com a lista de pacientes referentes àquele banco.
- RF5** - Acessar a lista de estudos de um paciente selecionado;
Entrada: clicar em um paciente para a consulta das informações.
Saída: nova tela com a lista de estudos daquele paciente.
- RF6** - Acessar a lista de series de um estudo de um paciente;
Entrada: clicar em um estudo de um paciente.
Saída: nova tela com a lista de séries de estudos daquele paciente.
- RF7** - Acessar a lista de SR de uma series de estudos de um paciente.
Entrada: clicar em uma série de estudos de um paciente e clicar em “**Visualize**”.
Saída: nova tela com uma lista de laudos SR de uma série de estudos de um paciente.

- RF8** - Mostrar o SR renderizado de uma serie;
Entrada: clicar em um laudo SR da lista.
Saída: nova tela com a visualização do laudo SR na forma renderizada.
- RF9** - Converter as imagens DICOM em JPEG.
Entrada: clicar em uma série de estudos de um paciente que contenha imagens de CT, RM e US, na tela “Series List”.
Saída: o sistema converte as imagens no padrão DICOM, às converte para JPEG no *window default*.
- RF10** - Armazenar as imagens JPEG em um diretório temporário;
Entrada: gravar as imagens convertidas para JPEG e armazená-las em um diretório temporário.
Saída: imagens gravadas em um diretório temporário pré-definido pelo servidor *Smalltalk VisualWave*.
- RF11** - Mostrar as imagens JPEG num browser Internet;
Entrada: recuperar essas imagens do diretório temporário.
Saída: nova tela para a visualização dessas imagens no browser.
- RF12** - Alterar o *window Radiológico* das imagens mostradas no browser e remontar o HTML com as novas imagens;
Entrada: clicar no campo de seleção **Window**, escolher o window radiológico para a nova visualização das imagens.
Saída: remontar a página HTML com a nova escolha do usuário.
- RF13** – Na visualização de uma imagem de ultra-som, o sistema não deve mostrar a opção **Change Window**.
Entrada: selecionar imagem da modalidade de **US**.
Saída: desabilitar o texto **Window** e a caixa de seleção do window.
- RF14** - Criar nova série de SR
Entrada: Duplo clique em um estudo de um paciente em um bando de dados selecionado.
Saída: Nova janela para edição do novo SR.
- RF15** – Criar SR em série de SR já existente.
Entrada: Duplo clique em uma série de SR de um paciente selecionado.
Saída: Nova janela para a edição de um SR.
- RF16** – Adicionar opção “Preencher tudo” como texto default.
Entrada: Clicar no botão “preencher tudo”
Saída: Preenchimento de todos os itens de SR com texto default.
- RF17** – Deletar item e remontar interface.
Entrada: Duplo clique em um item de SR, e selecionar “excluir”.
Saída: Exclusão do item selecionado.

RF18 – Adicionar opção “Accept ALL”

Entrada: Clicar no botão “Accept ALL” para aceitar todas as alterações.

Saída: SR completado.

RF19 - Mostrar hierarquia de itens

Entrada: Clicar em “Hierarquia”

Saída: SR hierárquico.

RF20 – Salvar SR no banco de dados

Entrada: Clicar em “Salvar no BD”

Saída: SR gravado no banco de dados.

3.2 Requisitos não funcionais

3.2.1 Segurança das informações transmitidas: o sistema deverá garantir a segurança das informações do cliente. Esta será garantida através de um sistema de acesso seguro com criptografia de dados através de uma chave de criptografia pública SSL.

3.2.2 Interface Simples: o sistema deverá possuir uma interface simples pois ele será acessado através de um computador de mão.

3.2.3 Tempo de resposta: o sistema deverá possuir uma boa velocidade de comunicação, processamento de informações e acesso ao banco de dados. Portanto, é necessário que o tempo de resposta do sistema para as solicitações seja num tempo razoavelmente bom.

3.2.4 Atualização constante: é necessário que o sistema seja atualizado freqüentemente.

4. INTERFACES DO SISTEMA

Este capítulo dará uma noção visual do sistema. Como o Smalltalk possui algumas limitações na criação de interface para usuário e algumas funções não estão disponíveis para web no VisualWave, poderão ocorrer algumas modificações não muito significativas na criação das telas do sistema, mas basicamente será essa a possível interface do *Cyclops PDA Dicom Editor*.

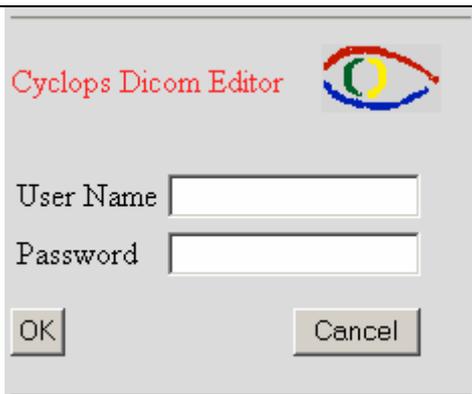


Figura 5: Tela de login do sistema

A figura 5 mostra a tela de inicial do sistema. Ela possui um campo para o nome do usuário e um para a senha do usuário

- ✓ Clicando no botão **OK**, o sistema valida o acesso ao banco de dados.
- ✓ Ao clicar no botão **Cancel**, o sistema é fechado.



Figura 6: Tela de Banco de dados das imagens

A figura 6 mostra as bases de dados que estão disponíveis para acesso do usuário.

- ✓ Ao clicar em um botão qualquer do lado direito da tela, o sistema acessa as informações do item em questão.
- ✓ O botão “Close” fecha a aplicação.

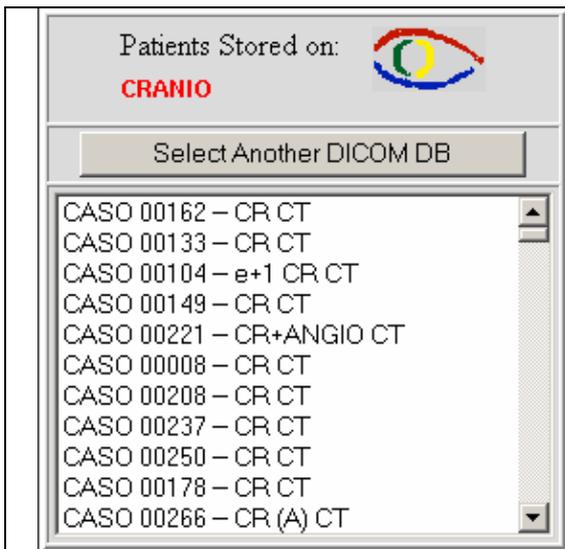


Figura 21: Lista de Pacientes

A figura 7 mostra uma lista de pacientes acessada de um banco de dados de imagens.

- ✓ Clicando em qualquer item da lista, o sistema acessa as informações desse paciente.

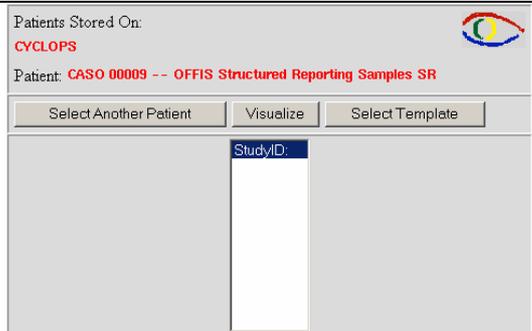


Figura 22: Lista de estudos do paciente

A figura 8 mostra a visualização de uma lista de estudos de um paciente.

- ✓ O botão **Select Another Patient**, retorna a tela anterior (Lista de pacientes);
- ✓ Ao clicar no botão **Visualize**, serão mostradas uma lista com as séries de estudos de um paciente selecionado;
- ✓ Ao clicar no botão **Select Template**, serão mostrados uma lista com os modelos de laudos disponíveis para acesso.

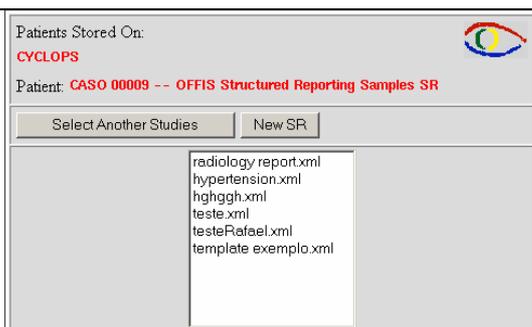


Figura 23: Lista de templates XML

A figura 9 mostra a visualização de uma lista de modelos de laudos descritos no padrão XML.

- ✓ Ao clicar no botão **Select Another Studies**, é retornado à tela anterior (lista de estudos);
- ✓ Ao clicar no botão **New SR**, uma lista de modelos de laudo é carregada conforme solicitação do cliente.

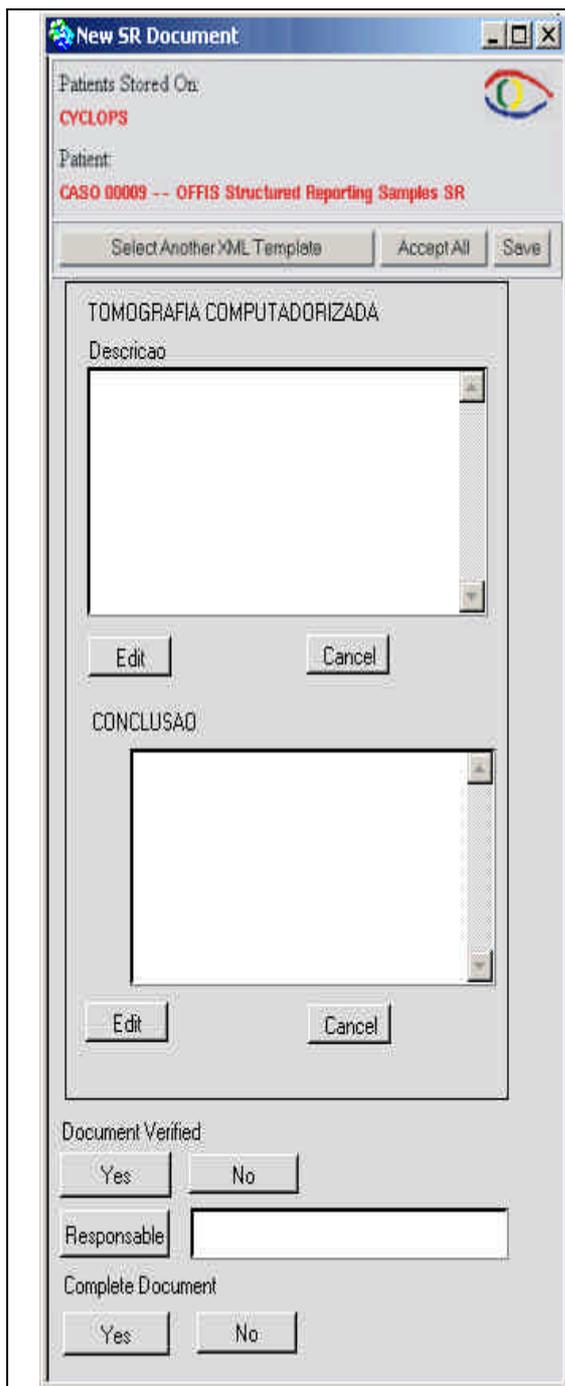


Figura 1024: Editar SR

A figura 10 mostra a visualização de um documento de SR criado a partir de um modelo de laudo XML. Cada item de índice é mostrado sua hierarquia de forma bem simples. Se um item é filho de um item acima, esse item é deslocado à direita, formado assim uma árvore hierárquica.

- ✓ O botão **Select Another XML Template**, retorna a lista anterior (lista de templates XML);
- ✓ O botão **Accept All**, preenche todos os campos do laudo com o texto padrão pré-definido anteriormente;
- ✓ O botão **Save** armazena as informações no banco de dados do paciente;
- ✓ Para cada tópico existe um conjunto de campos para edição de dados, que já vem com um texto pré-definido. Mas isso nada impede que o cliente possa adicionar novas informações ao campo. Existem também os botões **Edit** e **Cancel**, que servem para aceitar as informações descritas e cancelá-las, respectivamente;
- ✓ **Document Verified**, deve-se clicar em **Yes**, se o documento foi verificado por um responsável, ou em **No** se o documento não foi verificado ainda. O campo **Responsible** somente ficará disponível se a opção acima foi **Yes**;
- ✓ **Complete Document**, deve-se também clicar se o documento está completo ou não. Para isso basta clicar em **Yes** para completar definitivamente o documento ou em **No** se o documento ainda não estiver totalmente completo.

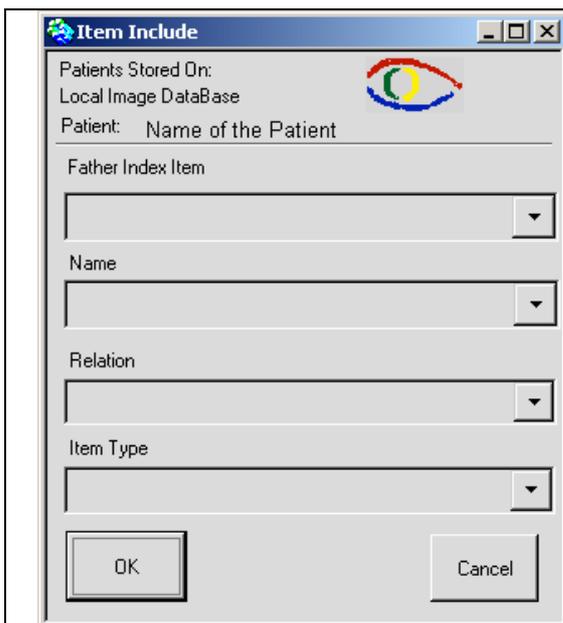


Figura 11: Incluir itens de índice de SR.

A figura 11 mostra a visualização de uma tela de inclusão de novos itens de índice de SR.

- ✓ **Father Index Item,**
- ✓ **Name,**
- ✓ **Relation,**
- ✓ **Item Type,**
- ✓ **OK** – Adiciona o item selecionado ao documento SR;
- ✓ **Cancel** – cancela a inclusão e retorna ao documento SR.

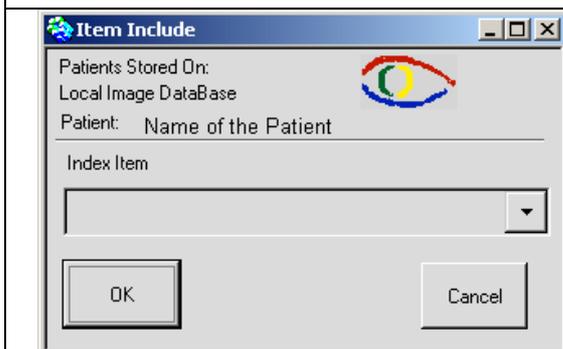


Figura 12: Excluir itens de SR.

A figura 12 mostra a visualização de uma tela de exclusão de itens de SR.

- ✓ **Intex Item** – Exclui o item selecionado do documento SR;
- ✓ **OK** – Exclui o item selecionado do documento SR;
- ✓ **Cancel** – cancela a exclusão e retorna ao documento SR.

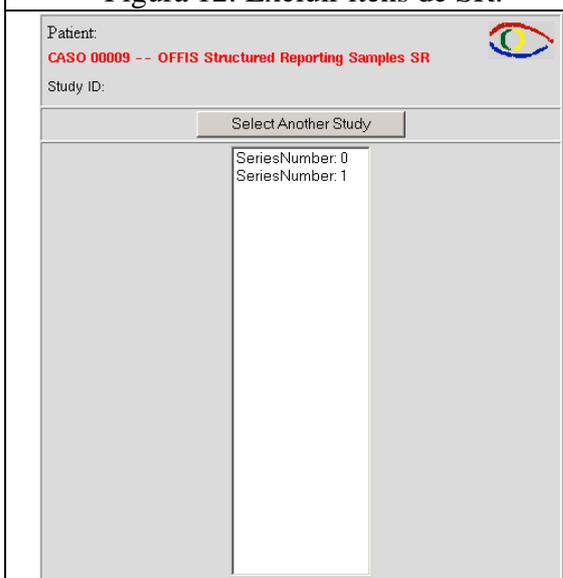


Figura 13: Lista de Series de um paciente

A figura 13 mostra a visualização de uma lista de séries de um estudo de um paciente.

- ✓ **Select Another Study** – retorna a tela anterior (lista de estudos);
- ✓ Ao selecionar uma série qualquer, o sistema mostra automaticamente as imagens contidas naquela série.

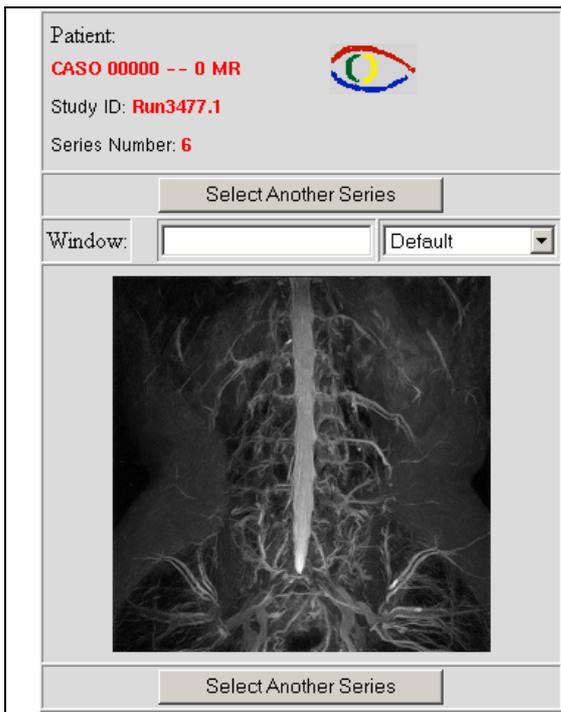


Figura 14: Visualização de uma ressonância magnética.

A figura 14 mostra a visualização de uma imagem de ressonância magnética visualizada a partir de um paciente selecionado no banco de dados. Nela pode-se alterar o *window radiológico* clicando na caixa de seleção do campo “Window” e selecionando um *window* predefinido. Pode-se também selecionar o próprio window digitando os valores para “WC” (window center) e “WH” (window width).

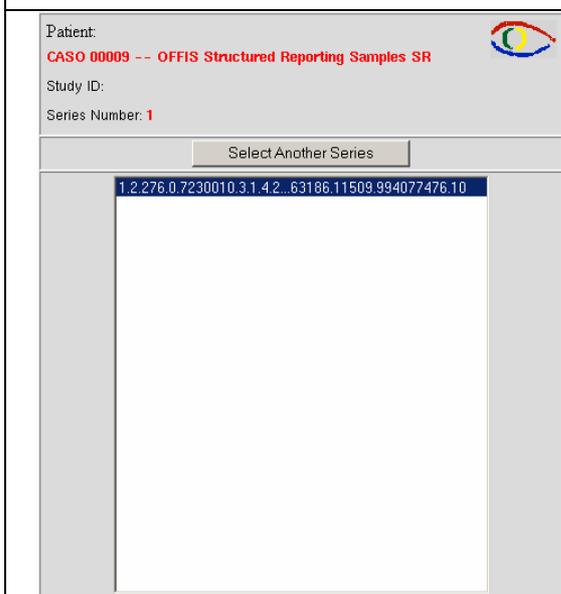
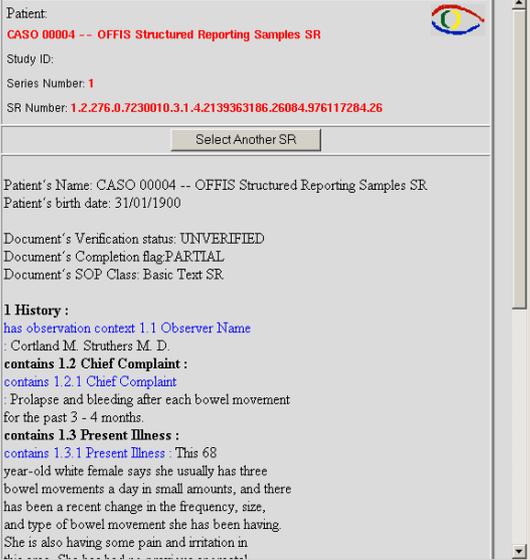


Figura 15: Lista de SR de um paciente

A figura 15 mostra a visualização de uma lista de SR de uma serie de estudos de um paciente.

- ✓ **Select Another Series** – retorna a lista anterior (lista de series).

	<p>A figura 16 mostra a visualização de um laudo de SR renderizado selecionado a partir de uma série de um paciente</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Select Another SR – retorna a lista anterior (Lista de SR).
<p>Figura 16: Visualização de um laudo SR.</p>	

5. TESTES

Nesta parte do projeto serão especificadas as metodologias e estratégias para a realização de testes do sistema *Cyclops PDA DICOM Editor*. É importante que os testes satisfaçam tantos os requisitos funcionais quanto os requisitos dos usuários (médicos) antes de ser testado a validação do sistema. No primeiro grupo a realização de testes tradicionais deverá ser suficiente para comprovar a eficiência. No segundo grupo, será necessário implantar o sistema em clinicas radiológicas ou hospitais para que os médicos usem e validem sua eficiência.

5.1 Teste dos requisitos funcionais

É de fundamental importância antes do protótipo ser colocado em uso, a realização de testes dos requisitos funcionais. Estes testes devem confirmar se o sistema atende as especificações descritas nos requisitos.

Para cada um dos requisitos deverão ser realizados exaustivos testes em sua execução buscando erros com o objetivo de corrigi-los.

RF1 – Não se aplica.

RF2 – tentar acessar o sistema com logins e senhas que não foram criadas.

RF3 – verificar se o sistema está acessando o banco de dados em perfeitas condições.

RF4 - Acessar a lista de pacientes de um banco de dados.

RF5 - Acessar a lista de estudos de um paciente selecionado.

- RF6** - Acessar a lista de series de um estudo de um paciente.
- RF7** - Acessar a lista de SR de uma series de estudos de um paciente.
- RF8** - acessar diversas séries de exames de SR na forma renderizada.
- RF9** – verificar a conversão das imagens DICOM em JPEG.
- RF10** - Armazenar as imagens JPEG em um diretório temporário.
- RF11** - Mostrar as imagens JPEG num browser Internet;
- RF12** - Alterar o *window Radiológico* das imagens mostradas no browser e remontar o HTML com as novas imagens;
- RF13** – Na visualização de uma imagem de ultra-som, o sistema não deve mostrar a opção *Change Window*.
- RF14** - criar nova série de SR
- RF15** – criar SR em série de SR já existente.
- RF16** – não se aplica.
- RF17** – deletar item e remontar interface.
- RF18** – não se aplica,
- RF19** - visualizar a hierarquia de itens.
- RF20** – salvar SR no banco de dados

4.2 Teste de requisitos de usuário

A realização dos testes de requisitos de usuário torna-se necessário para que o protótipo receba alterações com o objetivo de torná-lo um sistema que possa ser utilizado diariamente. O usuário sempre nos fornece informações importantes para a melhoria do protótipo. Neste caso a metodologia teste segue o seguinte formato:

1. Selecionar dois ou três profissionais (usuários): estes usuários podem ser médicos e também alunos do curso de medicina. Estes usuários podem ser profissionais que fazem parte do projeto Cyclops, dessa forma eles estarão colaborando para o projeto sem expor excessivamente a idéia;

2. Realizar uma entrevista com os usuários: a entrevista deve levantar dados e sugestões com relação ao sistema, com o uso do software pelos usuários, começaram a surgir dúvidas e idéias para melhoria do software;

3. Alterar o sistema conforme: conforme as sugestões dos usuários o software deve ser alterado buscando atender suas necessidades e tentando eliminar qualquer dúvida com relação ao seu uso;

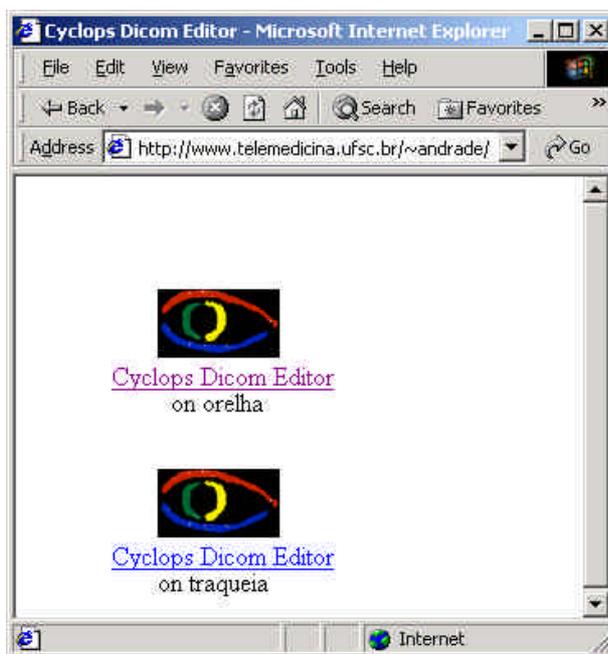
4. Apresentar novamente o sistema: depois de realizada as alterações, o sistema deve ser apresentado aos usuários para nova avaliação, esta resposta é importante para analisar o comportamento do usuário, novamente o usuário deverá listar sugestões e dúvidas para a segunda etapa de melhorias;

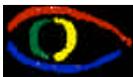
5. Alterar o sistema: feito o teste de usuário, deve-se alterar o sistema conforme as sugestões finais dos usuários, estes processos (4 e 5) devem ser repetidos até que todos os requisitos sejam satisfeitos.

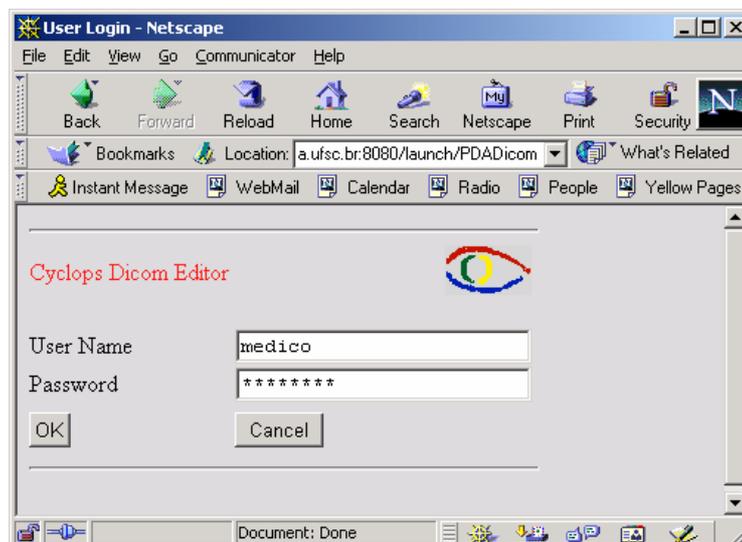
ANEXO 3 MANUAL DO USUÁRIO

Cyclops PDA Dicom Editor

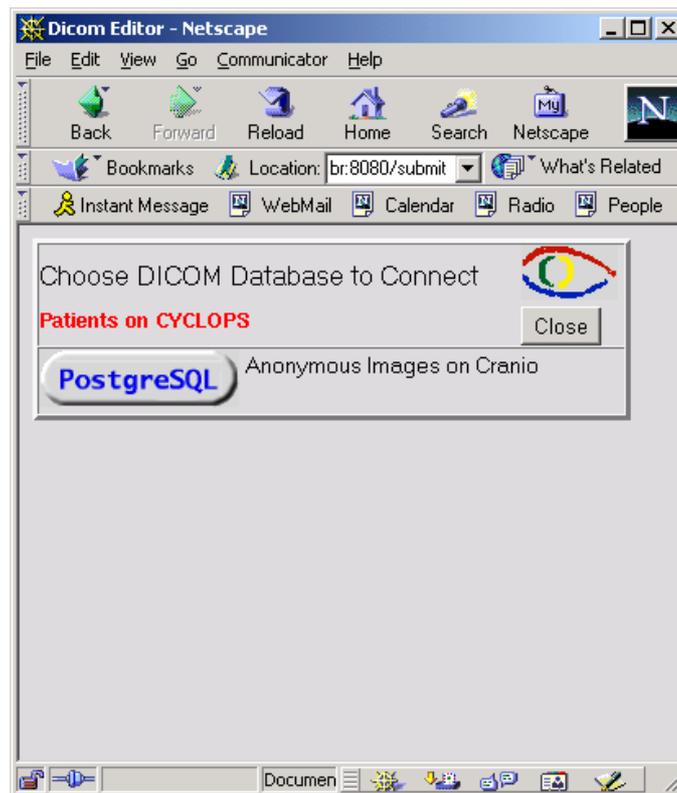
- Acessar a página: <http://www.telemedicina.ufsc.br>



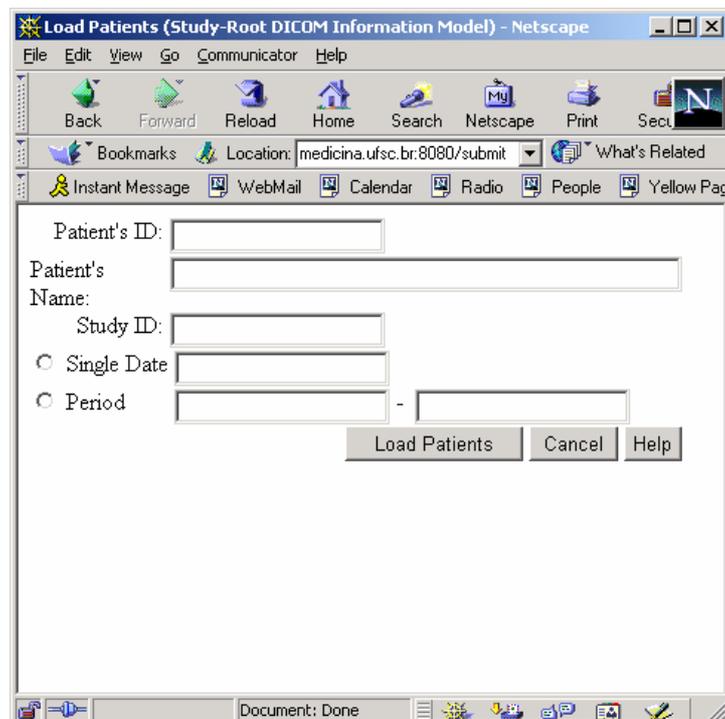
- Clicar no ícone  ou no link "Cyclops Dicom Editor".



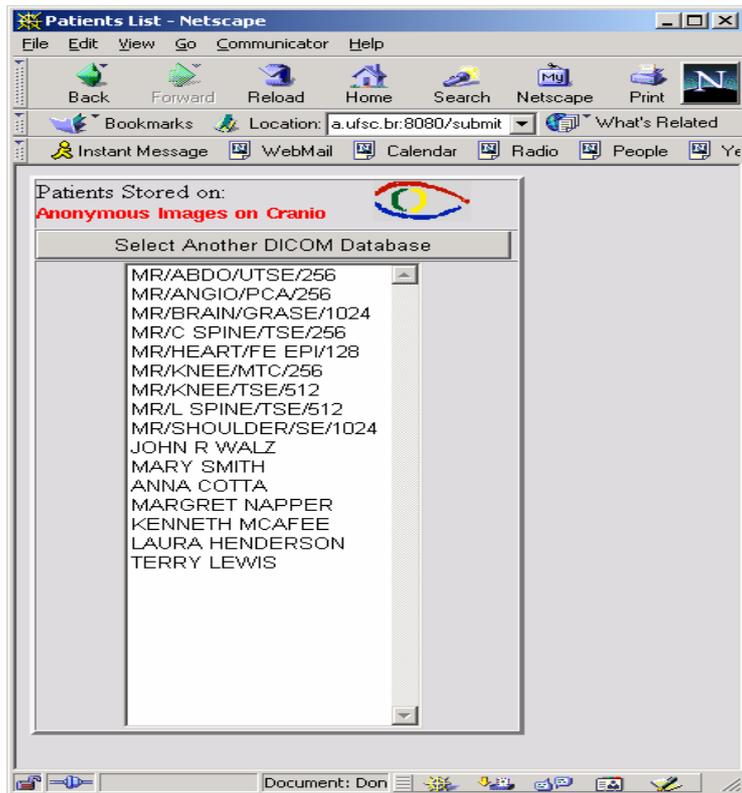
- No campo User Name digitar o nome do usuário e no campo Password digitar a senha para acesso. Em seguida, clicar em **OK**.



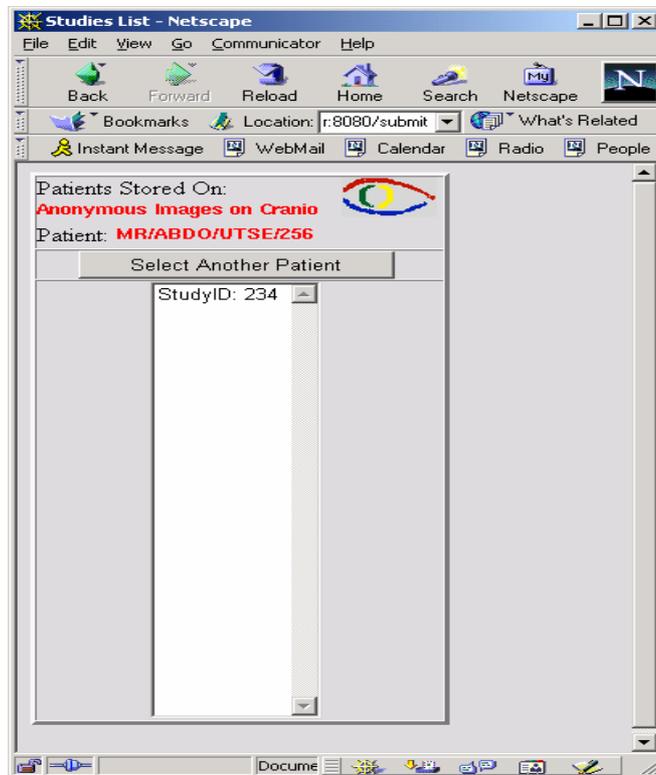
- Na tela seguinte, selecione o banco de dados Dicom, clicando no botão **PostgreSQL**
- Para sair do sistema, clicar em **Close**.



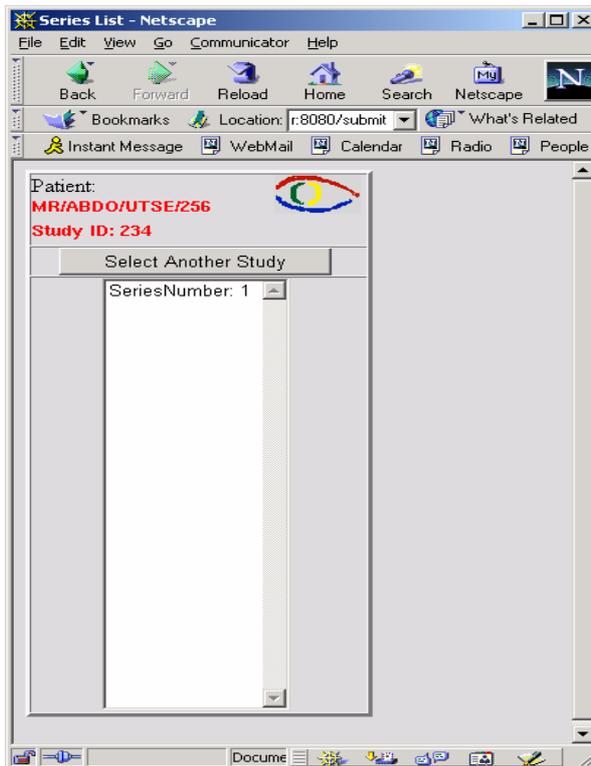
- Clicar em *Load Patients*.



- Selecionar o paciente desejado clicando no mesmo.



- Selecionar os estudos referentes ao paciente. Para selecionar outro paciente, clicar em *Select Another Patient*.



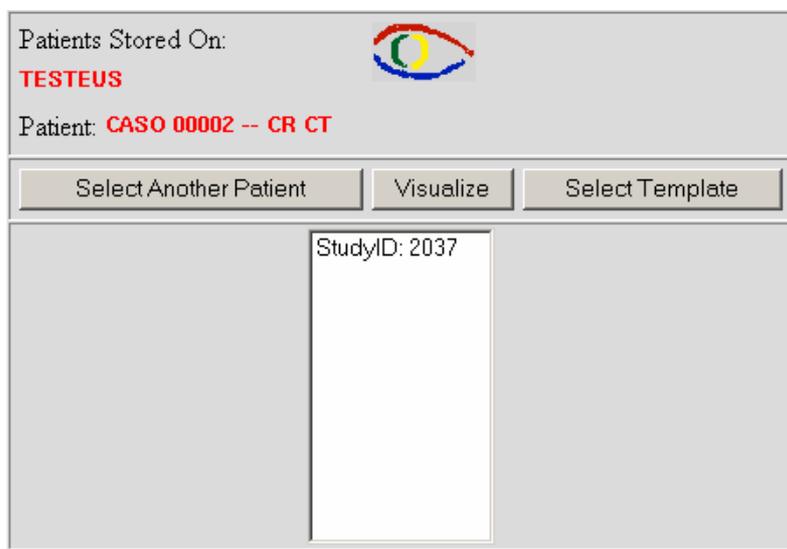
- Selecionar as Séries do paciente. Para selecionar outro estudo, clicar em *Select Another Study*.



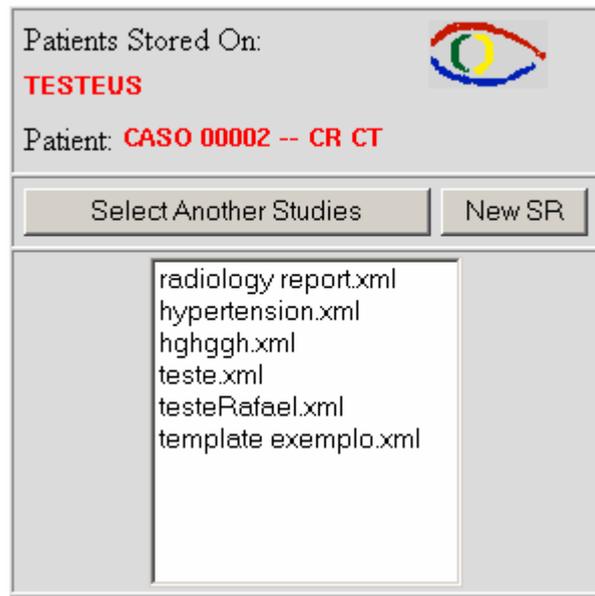
- Nesta tela, serão mostrados as imagens dos pacientes. Para selecionar outra(s) série(s), clicar e, *Select Another Series*.



- Visualizar imagens de ECG. Da mesma forma como acontece com as imagens, é possível a visualização de sinais de ECG. Para selecionar outra(s) série(s), clicar e, **Select Another Series**.



- Ao clicar em “**Select Template**” será mostrada a lista de modelos de laudos disponíveis para criação do novo laudo.



A figura acima mostra a visualização de uma lista de modelos de laudos descritos no padrão XML.

- Ao clicar no botão **Select Another Studies**, é retornado à tela anterior (lista de estudos);
- Ao clicar no botão **New SR**, uma lista de modelos de laudo é carregada conforme solicitação do cliente.

A figura abaixo mostra a visualização de um documento de SR criado a partir de um modelo de laudo XML. Cada item de índice é mostrado sua hierarquia de forma bem simples. Se um item é filho de um item acima, esse item é deslocado à direita, formado assim uma árvore hierárquica.

- ✓ O botão **Select Another XML Template**, retorna a lista anterior (lista de templates XML);
- ✓ O botão **Save to DB**, preenche todos os campos do laudo com o texto padrão pré-definido anteriormente e armazena as informações no banco de dados do paciente;
- ✓ Para cada tópico existe um conjunto de campos para edição de dados, que já vem com um texto pré-definido. Mas isso nada impede que o cliente possa adicionar novas informações ao campo.
- ✓ **Document Verified**, deve-se clicar na caixa de seleção, se o documento foi verificado por um responsável. O campo Responsible somente ficará disponível se a opção **Document Verified** foi selecionada;
- ✓ **Complete Document**, deve-se também clicar se o documento está completo ou não. Para isso basta selecionar o item para completar definitivamente o documento.

Patients Stored On: 
TESTEUS

Patient:
CASO 00002 -- CR CT

Select Another XML Template

Descricao

Figado

Figado de dimensões e contornos normais.

Bexiga

Bexiga distendida, de paredes finas e conteúdo líquido homogêneo.

Adrenais

Glândulas adrenais de aspecto anatómico.

Save to DB

Add Item Delete Item

Document Verified
 Complete Document

Para inclusão de novos itens de índice de SR, basta clicar em **ADD Item**.
Será então mostrada a nova tela de inclusão de itens do tipo texto.

Patients Stored On: 
CYCLOPS
 Patient: **CASO 00001 -- CR CT**

Father Index Item
 1 Descricao

Name
 Pancreas

Relation
 HAS OBSERVATION CONTEXT

Item Type
 TEXT

Add Item Cancel

- ✓ **Father Index Item**, define a descrição e a hierarquia do item pai;
- ✓ **Name**, Nome do item a ser adicionado;
- ✓ **Relation**, é o tipo de relacionamento entre o item pai e o item filho. Os itens estão sempre relacionados entre si;
- ✓ **Item Type**, é o tipo do item a ser adicionado.
- ✓ **OK** – Adiciona o item selecionado ao documento SR;
- ✓ **Cancel** – cancela a inclusão e retorna ao documento SR.

Patients Stored On: 
CYCLOPS
 Patient: **CASO 00001 -- CR CT**

Index Item
 1.2 CONCLUSAO

Delete Item Cancel

A figura acima mostra a visualização de uma tela de exclusão de itens de SR.

- ✓ **Intex Item** –é o nome do item selecionado do documento SR a ser excluído
- ✓ **Delete Item**– Exclui o item selecionado do documento SR e todos seus sub-itens;
- ✓ **Cancel** – cancela a exclusão e retorna ao documento SR.

Ao excluir um item de conteúdo de um documento SR, o sistema exclui também cada um dos seus itens descendentes e cada um dos relacionamentos “por referência” que o têm como alvo o item selecionado.

ANEXO 4 ARTIGO PUBLICADO - CBMS 2003

Using Mobile Wireless Devices for Interactive Visualization and Analysis of DICOM Data

Rafael Andrade

Aldo von Wangenheim

Mariana Kessler Bortoluzzi

The Cyclops Project

Department of Computer Sciences –UFSC

Florianópolis – SC - Brasil

{andrade,awangenh, Mariana}@inf.ufsc.br

Eros Comunello

The Cyclops Project

Knowledge-Based Systems Group AG

Richter

University of Kaiserslautern

eros@informatik.uni-kl.de

Abstract

The medical procedures at the patient bedside are out of the scope of current systems, which means that verification during the medical visit, the course of treatment, execution and confirmation of the medicine prescription, as well as its administration, still do not enjoy computerized support. However, the inclusion of new data to the patient record, an activity that still needs to be carried out through notations on paper and later typed, causes delays in the availability of this information.

This paper presents a software technology in which the medical and nursing staff will be equipped with a handheld computer connected by radio to a central server which will provide access to the patients' data and will actively inform about task pending distribution.

The server functions as a database for patient information, patient images from Computerized Tomography (CT), Ultrasonography (US), magnetic resonance (RM) and medical findings (DICOM Structured Report). This prototype contemplates a server of medical images and findings that makes the research and recovery of these images stored in archives in DICOM standard (Digital Imaging and Communications in Medicine) possible. The use of a web navigator for the visualization of patient data facilitates access to the system, allowing an interface independent platform

Keywords: Personal Digital Assistants, DICOM, Wireless, Medical.

1. Description of the problem

The image-based diagnosis represents an important task in modern medicine. The application of image analysis methods and digital image and signal processing provides the medical staff with extremely important information.

Due to a great volume of generated data, digital images need a method for management, storage and facilitated consultation. Thus some concepts and models have been created and worldwide adopted. These are: Hospital Information Systems (HIS), Radiological Information Systems (RIS) and Picture Archiving and Communication Systems (PACS) [1].

Despite of all the advantages in the use and development of PACS, the medical procedures at the patient bedside are out of the scope of current systems, which means that imaging exams consultation during the medical visit or during the course of a treatment, still do not enjoy computerized support. On the other side, the inclusion of new data into the patient record, such as short bedside observation reports or

prescriptions, is an activity that still needs to be carried out through annotations on paper, that have to be typed later, which causes delays in the availability of this information to the other staff of a patient's treating team [2].

As a consequence, there is a huge amount of important information, such as the clinical workflow, the image and signal data and the related reportings that cannot be accessed during a medical visit at the patient's bedside or in emergency situations.

This problem can be addressed through the use of mobile computers (PDAs – Personal Digital Assistants) linked via local wireless networks to central databases and DICOM data servers. This can further be extended through a tool for the control of the workflow and distribution of tasks [3]. Aiming at the development of a wireless environment for the consultation and manipulation of DICOM-conform patient records, images and signal data, integrated into a workflow management system, our research group started the “Cyclops PDA DICOM Editor” project.

2. Methods

In this paper we present the first prototype developed at our research group. This prototype implements only the patient record storage and recovery compliant to DICOM SR standard, besides DICOM image consultation and manipulation facilities.



Figure 1. Example of tomographic image visualized in a web browser, using a handheld computer



Figure 2. Tomographic image visualized in a PDA

Using DICOM client [4] as a basis already implemented by the Cyclops project [5, 6], was developed in a pilot experiment realize in University Hospital of the Federal University of Santa Catarina in Brazil, a mobile client/server application called “Cyclops PDA DICOM Editor”, for management of information, coordination of the work of the hospital medical team and organization of the work of the medical staff in general. The experiment explores the use of handheld computers of low cost and high

portability, integrated through a wireless local computer network within the IEEE 802.11b standard. It supports the authentication of users via password and the access to encrypted data. It makes access and updates possible through a graphical user interface especially developed for handheld computers. It allows access to the electronic patient record, and graphical data such as tomography scan, ultrasound or magnetic resonance images. Figure 1 and 2 shows the visualization of an image of computer tomography visualized in a web browser through a local wireless network.

3. Results

The application was developed to be visualized in a PDA, thus only highly important information for the medical staff is shown. The “Cyclops PDA DICOM Editor” can also access DICOM Structured Reporting (DICOM SR) documents, which are shown as text. Figure 3 shows a DICOM SR document visualized with the PDA.

As the application developed is basically an HTTP server implemented as a front-end for our DICOM server [4,7,8], it is possible to access the data from any remote station that is connected to the network of a hospital, using any web browser, which allows a network interface with independent universal and platform functions. The application offers different modes of consultation of radiological images and medical findings (DICOM SR), besides allowing the adjustment to the radiological window of the computer tomography and magnetic resonance images.

The visualization of tomography and magnetic resonance images in “Cyclops PDA DICOM Editor”, based on the form in which the images have been loaded from the database, can be affected in two distinct ways:

- In the first form, the images are loaded without alteration to their format or pallet of colors, or the images are of 16 bits and the pallet possesses 65536 gray shades. The presented images are visualized, as they had been stored;
- The second form takes into account the radiological window. The images are loaded as 8 bit images and the pallet of colors is modified taking into account the values of windowWidth and to windowCenter. Such values indicate the width of pallet (amount of different gray shades) and the center of the scale. But these parameters do not indicate values in the pallet but in the Hounsfield scale. The technique of representation of the image in Hounsfield Units (HU) is called Window, in these technique densities with value -1000 are represented by the black color and +1000 are represented by the white color, intermediate values to these receive tonalities of gray. In this case a conversion between the scale of colors in a 16 bit image and the Hounsfield scale is necessary so that the conversion to 8 bits can be achieved. The result will be a lesser reduction in the amount of information when compared with the direct reduction from 16 to 8 bits [9].

Due to the fact that the application manipulates confidential information of several patients, the access to the server is restricted to the authorized users, as a means of preserving the privacy and security of the information. After the authentication of the user, it is possible to visualize a window showing all the servers registered in the hospital, organized by modality. Based on a search criterion sent to the server, the “Cyclops PDA DICOM Editor” returns a list of the patients who satisfy the search criterion. When selecting determinate patients, a new query is submitted to the server, which returns all the studies from this patient in a new window to the requester.

In the same way when a study is selected all its series are loaded. After the selection of a series, all the pertaining images are loaded and shown directly on the web browser, making it possible to interact with these images.

For the visualization of the images the application converts them to JPEG (Joint Photographic Experts Group) format and stores them in a temporary directory. When a new query is submitted or when the system is quit, the images are deleted. When a new window selection is applied, a new query is sent to the server, which generates a new visualization of the images in the chosen radiological window format. In order to generate this window, some pre-defined values of the HU scale are used, thus facilitating the visualization of these images in the PDA.

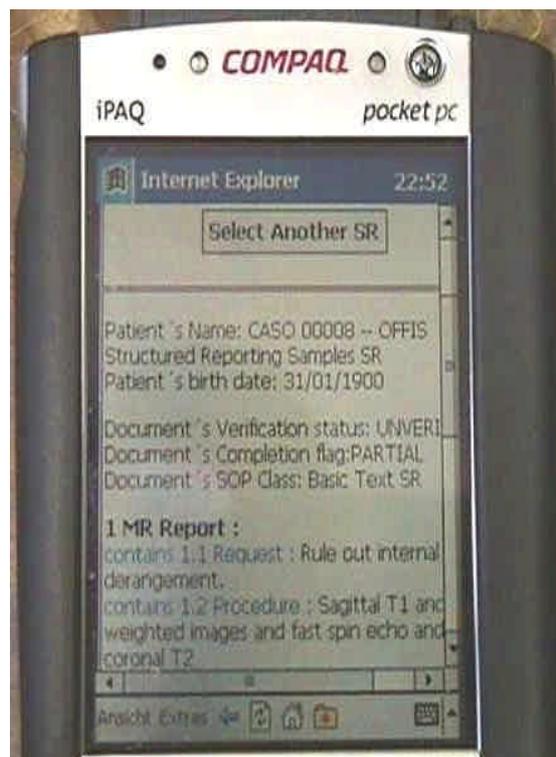


Figure 3. Visualization of a DICOM SR document.

4. Conclusion and future work

The first prototype version of the system is being tested in the Telemedicine Lab of the University Hospital of the Federal University of Santa Catarina – UFSC Brazil, where the viability of the system for use in assisting the hospital clinical body will be evaluated.

This system offers some advantages in the use of handheld computers to access the medical images and findings: the system is based on a web interface, allowing the integration of different systems and DICOM applications and an efficient and flexible access to the image database.

This preliminary study shows that it is possible to use handheld computers in the visualization, evaluation, and manipulation of images and clinical reports in a medical hospital environment, without compromising the mobility of the health professionals.

It is intended in the future to implement an application resident in the PDA, making it possible to update the medical findings stored in the DICOM SR standard format. The

access to CT and RM images and ECG signals stored in DICOM format will also be possible through the resident application. Its purpose is to allow the off-line visualization and editing of the patient record data when the equipment leaves the wireless network area. The data update will be put into effect when the user returns to the coverage area.

Acknowledgements

The authors want to thank the other members of The Cyclops Project for their support and advice.

References

- [1] Bakker A. R.; Communication between hospital and radiology information systems and picture archiving and communication systems. In Osteaux M (ed). Hospital integrated picture archiving and communication systems - a second generation PACS concept. Berlin: Springer, 1992; 55-97.
- [2] Ancona M, Doderio G, Gianuzzi V, Minuto F, Guida M; Mobile computing in a hospital: the Ward-In-Hand project. SAC 2000 - ACM Symposium on Applied Computing, Março, 2000, Villa Olmo, Como, Italy.
- [3] European Committee For Standardisation; A mobile e-health system based on workflow automation tool. Information Society RTD Standards Implementation Report, May, 2002.
- [4] Dellani P. R.; Desenvolvimento de um Servidor de Imagens Médicas Digitais no Padrão DICOM, [M.Sc. Thesis], Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil, 2001.
- [5] von Wangenheim A, Krechel D, Barreto JM, Richter M. M. , Blasinger K.; Cyclops - Expert System Shell for the Development of Applications in the Area of Medical Image Analysis. In: Proceedings of the 4th German-Brazilian Workshop on Information Technology. DLR/CNPq, 1997.
- [6] The Cyclops Project (<http://www.inf.ufsc.br/cyclops>).
- [7] Faber, Kerstin, Krechel, Dirk, Wangenheim, Aldo Von, Reidenbach, Daniel, Sampaio, Silvio Costa, Blasinger, Klaus. DICOM Lösung für private radiologische Praxen. In: TELEMED99 -Jahrestagung Fuer Telemedizin, 1999, Berlin, Germany.
- [8] Krechel, Dirk, Faber, Kerstin, Wangenheim, Aldo Von, Sampaio, Silvio Costa. Object-Oriented Implementation of a DICOM Client in Smalltalk. In: CBMS99 - 12th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems, Stamford, USA. IEEE Computer Society Press, 1999. v.1. p.12-17.
- [9] De Biasi H.; Desenvolvimento de uma metodologia de visão computacional para auxílio no planejamento cirúrgico no implante de próteses Endoluminais, [M.Sc. Thesis] Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

ANEXO 5 ARTIGO PUBLICADO - CARS 2003

A Strategy for a Wireless Patient Record and Image Data

Rafael Andrade ¹ , Aldo von Wangenheim ² , Mariana Kessler Bortoluzzi ³	Herculano Haymussi De Biasi ⁴
^{1,2,3} The Cyclops Project – Federal University of Santa Catarina P.O. Box 246 – Florianópolis CEP: 88040-900 – Brazil Tel.: +55-48-331 9117 Fax: +55-48-331 9770 { andrade , awangenh , mariana }@inf.ufsc.br	⁴ University of Hildesheim - Mathematics and Applied Computer Science Data & Knowledge Management. PO Box 101363 - D-31113 Hildesheim, Germany Tel: +49 5121 883 751 Fax: +49 5121 883 755 herculan@inf.ufsc.br

Abstract

The use of mobile computers improves health care delivery by allowing the medical staff to access important patient information during visits to the patient bedside or in emergency situations. This paper presents a software technology in which the medical and nursing staff will be equipped with handheld computers connected via radio to a central server that provides access to the patients' data and actively informs about pending task distributions. The server works as a database for DICOM compliant information, ranging from patient's CT, US and MR images to medical findings, observations and prescriptions stored in DICOM Structured Report standard. The server prototype developed makes the search and recovery of these DICOM archives possible through a local wireless network and a PDA compatible GUI.

Keywords: Personal Digital Assistants, DICOM, Wireless mobile computing, Medical imaging.

1. Introduction

Many hospitals already possess local or long distance computer networks to manage administrative, pharmaceutical, laboratory, patient record, and PACS information. The effective management of this information depends directly on the integration of the Hospital Information Systems (HIS) and PACS). The increasing necessity of interoperability between systems of various manufacturers is leading to the standardization of storage and exchange techniques for clinical and administrative data [1].

Despite the advances in these systems, there is much important information, e.g., the clinical workflow and the diagnosis data that cannot presently be accessed during a medical visit to the patient's bedside or in emergency situations. This situation can be improved through the use of mobile computers connected to central databases through a local wireless network [2] and a tool for the control of the workflow and task distribution.

2. Methods

In a pilot experiment, a mobile client/server application was developed for information management and the hospital medical staff work coordination.

The experiment uses low cost and high portability handheld computers, integrated through a wireless local computer network within the IEEE 802.11b standard. It supports the authentication of users via password and the access to encrypted data, enabling the access and update of the electronic patient record, and graphical data such as CT, US and MR images. This is possible through a graphical user interface especially developed for handheld computers.

3. Results

Using an adaptation of a flexible DICOM client [3] already implemented by the Cyclops Project [4, 5], a mobile client/server application called “Cyclops PDA DICOM Editor” was developed in a pilot experiment carried out at the University Hospital of the Federal University of Santa Catarina in Brazil. The wireless client has access, through wireless network access points, to the DICOM server, which in turn, manages an encrypted PostgreSQL database. Each access point connected to the physical network provides access to the wireless devices, using the IEEE 802.11b communication standard for the interchange of the data in a fast and secure way.

As the application developed is basically a special HTML server, it is also possible to access the data from any remote station that is connected to the network of the hospital, using any web browser.

The application offers different modes of consultation of radiological images and medical findings, observations and prescriptions (in DICOM SR), besides allowing the setting to the radiological visualization window of CT and MR images.

The image visualization, depending on the form in which the images have been loaded from the database, can be affected in two distinct ways [6]:

- The images are loaded without alteration to their color format. The images are presented, as they had been stored, with individual preset windowing;
- With user-defined window settings. The images are loaded as 8 bit images and the color palette is modified taking into account windowing values set by the user, given in the Hounsfield scale.

Due to the fact that the application manipulates confidential patient information, the access to the server is restricted to the authorized users, as a means of preserving the privacy and security of the information. After the authentication of the user, all the DICOM servers registered in the hospital are presented, organized by modality. Based on a search criterion sent to the server, the Cyclops PDA DICOM Editor returns a list of the patients that satisfy the search criteria. When selecting a patient, a new query is submitted to the server, which retrieves all studies from this patient in a new window.

In the same way, when a study is selected, all its series are loaded. After the selection of a series, all the pertaining images are loaded and shown, making it possible to interact with these images.

For the visualization of the images, the application converts them into JPEG format and stores them in a temporary directory. When a new query is submitted or when the system is quit, the images are deleted. When a new radiological window selection is chosen, a new query is sent to the server, which in turn generates a new visualization of the images based on the chosen radiological window setting. In order to facilitate the window choosing, some commonly used pre-defined values of the HU

scale are presented in a pull-down menu, facilitating the visualization of these images (figure 1).



Figure 1: Example of visualization of one tomographic slice in the default window

The Cyclops PDA DICOM Editor can also access DICOM SR documents, which are shown as rendered text.

4. Conclusions

Medical images obtained from radiological examinations such as ultrasonography, conventional radiology, computerized tomography, magnetic resonance and nuclear medicine are frequently used in radiological clinics and hospitals, aiding the diagnosis of a series of illnesses. The interrelation between clinics, hospitals, departments of radiology and other departments, mainly the Intensive Care Unit and emergency unit, is of fundamental importance and increasingly depends on the accessibility of these images from any physical localization inside or outside the hospital or clinic of origin.

This system offers some advantages in the use of handheld computers to access the medical images and findings: the system is based on a web interface, allowing the integration of different systems and DICOM applications and an efficient and flexible access to the image database.

It is intended in the future to implement an application resident in the PDA, making it possible to update the medical findings stored in the DICOM SR standard format. The access to CT and RM images and ECG signals stored in DICOM format will also be possible through the resident application. Its purpose is to allow the off-line visualization and editing of the patient record data when the equipment leaves the wireless network area. The data update will be put into effect when the user returns to the coverage area.

This preliminary study shows that it is possible to use handheld computers in the visualization, evaluation, and manipulation of images and clinical reports in a medical hospital environment, without compromising the mobility of the health professionals.

References

- [1] M.Ancona, G.Dodero, V. Gianuzzi, F.Minuto, M.Guida; Mobile computing in a hospital: the Ward-In-Hand project. SAC 2000 - ACM Symposium on Applied Computing, March 2000, Villa Olmo, Como, Italy
- [2] European Committee For Standardisation; A mobile e-health system based on workflow automation tool. Information Society RTD Standards Implementation Report, May, 2002
- [3] Dellani, Paulo Roberto. Desenvolvimento de um Servidor de Imagens Médicas Digitais no Padrão Dicom [M.Sc. Thesis], Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.
- [4] A.v.Wangenheim, D.Krechel, J.M.Barreto, M.M.Richter, K.Blasinger. Cyclops - Expert System Shell for the Development of Applications in the Area of Medical Image Analysis. In: Proceedings of the 4th German-Brazilian Workshop on Information Technology. DLR/CNPq, 1997.
- [5] The Cyclops Project (<http://www.inf.ufsc.br/cyclops>)
- [6] Biasi, Herculano Haymussi De. Desenvolvimento de uma metodologia de visão computacional para auxílio no planejamento cirúrgico no implante de próteses Endoluminais, [M.Sc. Thesis], Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

**ANEXO 6 ARTIGO PUBLICADO - REVISTA INTERNATIONAL
JOURNAL OF MEDICAL INFORMATICS**