

# Visualização de Imagens Médicas em PDAs para Ambientes Hospitalares

Eduardo M. Morgado<sup>1</sup>, Daniel I. da Cruz<sup>1</sup>, Marcelo Fornazin<sup>1</sup>, Carlos A. Caramori<sup>2</sup>, Denise M. Zornoff<sup>2</sup>, Carlos A. Marcharelli<sup>3</sup>, Rafael C. Lima<sup>1</sup>, Renê Pegoraro<sup>1</sup>, Alexandre Bazan<sup>3</sup>, Marcelo Martins<sup>2</sup>, Sandro A. Coquemala<sup>2</sup>

**Resumo** - O uso de dispositivos móveis do tipo PDA (Personal Digital Assistants) conjugado a redes sem-fio para troca de dados com Sistemas de Informação Hospitalar (SIH) acrescentam uma relevante mobilidade no atendimento beira-de-leito. Recursos básicos, como visualização e alteração dos registros médicos, implicam no uso de tecnologias já dominadas, entretanto, a visualização de imagens médicas (como radiografias, ultrasonografias, etc) preservando sua resolução original esbarra ainda nas limitações de processamento, memória e resolução de tela dos PDAs. O objetivo deste trabalho é expor as otimizações de software e seus resultados em uma solução baseada em código-livre utilizada na visualização de imagens médicas para PDAs, considerando a intenção de se preservar a resolução original das imagens médicas aliado a um satisfatório desempenho do aplicativo e viabilizando assim a visualização de imagens médicas da maneira proposta.

**Palavras-Chave:** PDA, Imagem Médica, Otimização, JPEG, IJG, Ambiente Hospitalar, Sistemas de Informação.

**Abstract** - The adoption of wireless networks and mobile devices such as PDAs (Personal Digital Assistant) inside a Hospital Information System (HIS) adds important value into bedside medical procedures, allowing access to patient records and also recording into hospital database. These functionalities are based in regular technologies. However, medical images such as tomography, ultrasonography and magnetic resonance are not so easy to handle in PDAs due to the processing limitations, memory capacity and display size constraints. Considering images with high resolution we will find serious performance constraints in running this kind of images in PDAs. The aim of this project is to show software optimizations and the results in an open-source solution that is used in the medical images visualization process in PDAs, maintaining the quality and resolution of the medical image and also considering the relationship between software performance and image quality and its use inside the HIS as proposed.

**Key-words:** PDA, Medical Image, Optimization, JPEG, IJG, Hospital Environment, Information System.

## Introdução

O Hospital Estadual de Bauru (HEB), inaugurado em Outubro de 2002 e construído sobre um prédio de cinco andares, com 400 leitos, 27 consultórios e 11 salas de cirurgia possui o sistema PACS (Picture Archiving and Communication System) para aquisição e gerenciamento das imagens médicas hospitalares no formato DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine). Integrado ao SIH do hospital, esse sistema permite, entre outras, a distribuição de imagens no formato DICOM a partir de um servidor de imagens para computadores clientes, possibilitando a visualização de imagens médicas em qualquer computador pessoal com suporte a esse procedimento [1]. No intuito de levar mobilidade ao atendimento beira-de-leito, o projeto RWIMIH (Redes Wireless de Informações Médicas Intra-Hospitalares) vem sendo desenvolvido em parceria com o NEAD da FMB - Unesp e o LTIA/WCC (Wireless Competence

Center) da FC - Unesp Bauru. Este projeto contempla o desenvolvimento de uma solução integrada ao SIH que permita acesso a esse sistema a partir do desenvolvimento de um módulo para dispositivos móveis, com foco específico em dispositivos PDA (Personal Digital Assistant) e contemplando a visualização de imagens médicas de alta resolução. O projeto RWIMIH possui um cronograma de quatro fases a serem desenvolvidas no transcorrer de 18 meses a partir de Janeiro de 2004 e inclui atividades de desenvolvimento computacional, implantação de infra-estrutura tecnológica, avaliação médica do sistema para PDAs e avaliação da aplicação prática da solução junto ao corpo clínico do HEB.

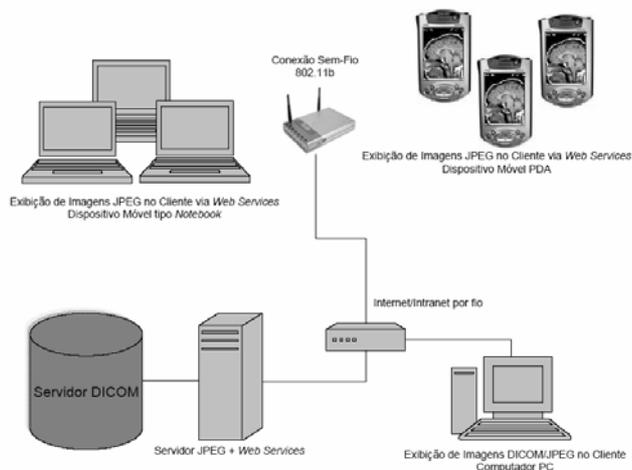
O PDA, conjugado com uma infra-estrutura de redes sem-fio 802.11b [2] garante mobilidade e agilidade no atendimento médico hospitalar, evita re-trabalho em atividades como prescrição (por evitar que dados sejam registrados em meios diversos para só então serem repassados ao SIH) e

previne também erros e más interpretações decorrentes disso [3]. Sem o conceito de mobilidade, a consulta a qualquer imagem médica de determinado paciente exige que o médico se desloque do leito até algum terminal computacional. Tirando proveito do fato do HEB não adotar filme radiográfico para impressão e visualização de imagens médicas para a grande maioria dos pacientes, usando um PDA é possível acessar o servidor de imagens do hospital e então realizar a visualização da imagem médica no próprio local de atendimento.

## Metodologia

Sistemas de Informações Hospitalares de atendimento beira-de-leito integrados ao sistema PACS, distribuem imagens médicas seguindo o padrão DICOM. No HEB, para serem visualizadas em dispositivos móveis, em particular PDAs, as imagens médicas são convertidas do padrão DICOM para o padrão JPEG [4], tornando-se então disponíveis para distribuição em redes sem-fio [1] e conferindo mobilidade no atendimento médico hospitalar (fig. 1). Para a conexão sem-fio ser viabilizada, a tecnologia 802.11b é adotada como forma de acesso baseado em padrões abertos e não regulamentado [2] e conectados a essa rede PDAs acessam as imagens em formato JPEG no servidor de imagens utilizando a tecnologia de *Web Services* [5][6] para acesso a dados a partir de diversos tipos de dispositivos (como um PDA ou um *notebook*) através da *Intranet* do HEB. Com a tecnologia de *Web Services*, um único aplicativo sendo executado no servidor é capaz de processar requisições de imagens, considerando as regras de negócio do hospital, e oferecer em resposta a essas consultas a imagem requisitada pelo cliente remoto sobre a rede *Intranet* ou até mesmo *Internet*. Dessa maneira, um único aplicativo no servidor é capaz de processar várias requisições de imagens oriundas de diversos dispositivos concorrentemente, independente de sua arquitetura de hardware, desde que mantendo os mesmos padrões de comunicação estabelecidos pelo *Web Service*, garantindo assim a comunicação entre aplicativos sendo executados em plataformas diferentes (PDAs, *notebooks*, etc) com o aplicativo de distribuição de imagens sendo executado no servidor.

Para garantir a segurança dos dados trafegados na rede sem-fio implementada no HEB, foi implementado um sistema de autenticação e controle de usuários. Desse modo é possível proteger todos os usuários corporativos da rede de possíveis ameaças à segurança dos dados.



**Figura 1:** Solução adotada no HEB, utilizando o Servidor DICOM e rede sem-fio

O JPEG, padrão aberto para compactação de imagens, permite a compactação com perdas (*lossy*) ou sem perdas (*lossless*) de informação e possibilita a visualização dessas imagens médicas em dispositivos com ou sem suporte ao padrão DICOM. Quando a compactação da imagem está em formato *lossless*, o tamanho do arquivo é maior em relação a uma imagem *lossy* e sua descompactação demanda maior poder de processamento do dispositivo [4], porém garantindo maior qualidade na imagem disponível para o médico. Existe, portanto, uma relação íntima entre qualidade da imagem e desempenho do dispositivo. Considerando as restrições técnicas (menor poder de processamento, tamanho reduzido de tela e menor memória disponível para armazenamento e programas) intrínsecas a um PDA, como os regularmente encontrados no mercado, a questão da visualização de imagens nesse tipo de dispositivo fica atrelada ao desempenho que este pode oferecer e na eficiência do algoritmo de visualização, o que impacta diretamente na resolução e na qualidade da imagem médica a ser exibida [1]. No HEB, ao contrário da maioria das soluções já existentes [7][8] foi adotada a estratégia de oferecer imagens sem perdas de resolução e qualidade, o que implica em maior esforço computacional. Esse esforço demanda otimizações do aplicativo para atender as limitações técnicas dos PDAs comerciais. O uso de imagens JPEG *lossless* é possível já que o HEB possui em seu servidor de imagens DICOM um componente de software que distribui as imagens também neste formato. Uma vez tendo a imagem JPEG sem perdas no servidor de imagens do HEB, é possível distribuí-la para os demais sistemas do hospital, entre os quais o sistema desenvolvido para operar no PDA.

Uma vez distribuídas, as imagens podem ser visualizadas tanto em uma aplicação específica para esse fim quanto em um navegador de Internet. Soluções onde a imagem é visualizada no PDA através de um navegador de *Internet* [1][7] possuem restrições de manipulação da imagem como também no desempenho de exibição da mesma, uma vez que tais manipulações, como alteração de brilho, contraste, tamanho ou direção, são processadas remotamente e uma nova imagem precisa ser transferida do servidor para o dispositivo sempre que há uma mudança. Devem ser levadas em consideração ainda as restrições de memória e exibição de imagens dos navegadores de Internet para PDAs, uma vez que estes não foram desenvolvidos para esse propósito específico. Sendo assim, as imagens médicas precisam ter sua resolução diminuída para melhor desempenho ou até mesmo para viabilizar sua simples exibição. Isto implica em perda de resolução da imagem original [4]. Além desses fatores, outro agravante é a necessidade de constante conectividade com o servidor para navegação pela imagem. Sem ele não é possível realizar a visualização da mesma maneira natural permitida pelos computadores pessoais tradicionais. Em decorrência disto, é gerado maior tráfego de dados, ocupando a banda disponível na rede hospitalar e, por se tratar de um dispositivo móvel, quanto maior for o número de acesso a dados via rede sem-fio, maior será o consumo de bateria (diminuindo a autonomia de uso do PDA sensivelmente). Para superar essas restrições e atender aos requisitos de qualidade da imagem, desempenho e autonomia da bateria, o desenvolvimento da solução para PDA deve ser baseado em alternativas que não usem um navegador de Internet para a etapa de visualização da imagem médica.

Uma alternativa explorada pelo projeto RWIMIH é a utilização de uma aplicação para visualização de imagens JPEG que processe a imagem no dispositivo independente de um navegador de *Internet*. Dessa forma, é necessária apenas uma transação entre o servidor de imagens JPEG e o dispositivo, diminuindo sensivelmente o tráfego na rede e a latência de uso no processo de visualização da imagem. Deve-se considerar ainda que nenhum tipo de customização pode ser feito em navegadores de Internet os quais não possuam código-aberto. Este é o caso do Pocket PC 2002, cujo sistema operacional Microsoft Windows CE não possui seu navegador de Internet com código aberto. Pensando na alternativa proposta, foi desenvolvido um aplicativo de visualização de imagens JPEG otimizado para dispositivos PDAs visando a arquitetura de processadores Intel®

XScale™, que possui intrinsecamente diversas características que favorecem o processamento multimídia [9].

Esse aplicativo foi desenvolvido de maneira a conciliar qualidade da imagem e desempenho sem com isso onerar o custo de implementação de uma solução baseada em mobilidade, uma vez que o software desenvolvido possui código-aberto.

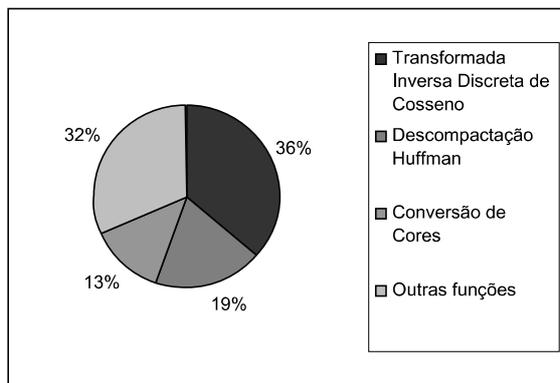
O algoritmo para descompactação de imagens JPEG utilizado no aplicativo de exibição contém uma implementação otimizada da biblioteca IJG (*International JPEG Group* – disponível no endereço eletrônico [www.ijg.org](http://www.ijg.org)), e viabiliza o uso de um aplicativo de exibição de imagens médicas independente de um componente DICOM para PDAs ou de um navegador para Internet. Adicionalmente, esse aplicativo tem condições de processar imagens médicas de grande porte localmente, sem a necessidade de processamento remoto ou de perda da qualidade da imagem (diminuição de sua resolução).

Para poder realizar a exibição de imagens médicas em PDAs mantendo a qualidade e a resolução das mesmas e considerando processamento local, é necessária a realização de otimizações no aplicativo de visualização [4][8] que garantam melhor qualidade de uso da solução ou até mesmo a sua viabilidade.

Na fase atual do projeto, o desafio técnico de se criar, otimizar e integrar um programa de exibição de imagens médicas ao SIH do HEB foi superado. O algoritmo de descompressão JPEG IJG foi portado da plataforma Microsoft® Windows PC para a plataforma Microsoft® Pocket PC. As alterações no código foram realizadas com a ferramenta de desenvolvimento Microsoft Embedded Visual C++ 3.0 e Microsoft Embedded Visual C++ 4.0, ambas gratuitas.

Utilizando o analisador de perfil de software Intel VTune Performance Analyzer foram captados os dados de desempenho do algoritmo IJG e identificados os principais gargalos de desempenho na decodificação da imagem JPEG<sup>1</sup>: a decodificação Huffman, a transformada Inversa Discreta de Cosseno e a conversão de cores do padrão YCC para o padrão RGB, conforme Gráfico (1).

<sup>1</sup> Em todos os Sistemas Operacionais, uma imagem só pode ser visualizada se estiver no formato de mapa de bits (BMP), por isso existe a necessidade de decodificação da imagem JPEG em uma imagem de mapa de bits.



**Gráfico 1:** Distribuição da porcentagem do consumo de tempo pelas funções do módulo do aplicativo durante a coleta de dados

Após a identificação dos gargalos de desempenho no algoritmo de descompressão e localização dos trechos de código que mais consumiam tempo de processamento, foram efetuadas alterações com base nas funções utilizadas na decodificação do padrão JPEG encontradas na biblioteca de funções primitivas otimizadas Intel® IPP (*Integrated Performance Primitives*) [9], versão 3.0. Essas alterações visam à diminuição do tempo consumido pelos gargalos citados. Também foram realizadas outras otimizações gerais de algoritmo aplicadas em diversas funções na tentativa de se otimizar ao máximo o uso do processador e memória do PDA. A estratégia de otimização que adota a substituição de partes do algoritmo por funções equivalentes da biblioteca Intel IPP foi escolhida uma vez que essa biblioteca é disponibilizada gratuitamente pela Intel na versão 3.0, além de possuir total integração com a plataforma Microsoft PocketPC (Sistema Operacional Windows CE). Além das otimizações de algoritmo do código, o compilador Intel® C++ for Xscale™, versão 7.1, foi utilizado para gerar código de máquina otimizado.

O processador Intel XScale não possui um módulo de processamento de números de ponto-flutuante [9], assim, toda operação que exige esses números é emulada, o que toma considerável tempo de processamento nas principais funções citadas acima. A primeira otimização consiste em trabalhar com coeficientes que dispensam o uso de cálculos com ponto-flutuante durante todas as etapas de descompressão. Esses coeficientes são sugeridos pela implementação do IJG e foram adotados no desenvolvimento.

As funções disponíveis na biblioteca de primitivas Intel IPP para a decodificação JPEG foram adotadas em diversas funções, com grande representatividade na conversão de cores YCrCb para RGB (1) e no cálculo da Transformada Inversa

Discreta de Cosseno (2), embora muitas outras tenham sido utilizadas:

$$\text{ippiYCbCrToRGB\_8u\_C3R}(); \quad (1)$$

$$\text{ippiDCTQuantInv\_JPEG\_16s}(); \quad (2)$$

Os testes de verificação foram realizados utilizando 2 PDAs Compaq Ipaq, dotados de processadores Intel® XScale PXA 250 com 400Mhz de frequência; 64Mb de memória e sistema operacional Microsoft® Pocket PC 2002. Para verificação de desempenho da aplicação foi utilizado o aplicativo Intel® VTune Performance Analyzer™. Foram realizadas execuções que consistiam na abertura de imagens em ambas versões do aplicativo, a original e a otimizada. As imagens escolhidas estão representadas pelas Figuras 2 e 3, onde a primeira é uma radiografia e a segunda uma tomografia, e seus dados estão na tabela (1).

	Figura 2	Figura 3
Largura (em Pixels)	512	1044
Altura (em Pixels)	512	844
Intensidade de Bits (em Bits)	24	24
Resolução Horizontal (em dpi)	96	72
Resolução Vertical (em dpi)	96	72

**Tabela 1:** Dados das Imagens usadas

Formulou-se 4 situações de execução para análise de desempenho do aplicativo:

- Situação 1: Execução do aplicativo no dispositivo 1 com a figura 2
- Situação 2: Execução do aplicativo no dispositivo 1 com a figura 3
- Situação 3: Execução do aplicativo no dispositivo 2 com a figura 2
- Situação 4: Execução do aplicativo no dispositivo 2 com a figura 3

Foram realizadas 10 execuções em cada situação. Com os resultados calculou-se a média, o desvio padrão e chegou-se a proporção e o ganho que a otimização obteve em cada situação. A Equação do ganho (3) representa em porcentagem a redução de tempo de execução obtida através da relação do tempo de execução da versão original do aplicativo (Tempo\_Velho) e o tempo de execução da versão otimizada (Tempo\_Novo).

$$\text{Ganho} = \frac{\text{Tempo\_Velho} - \text{Tempo\_Novo}}{\text{Tempo\_Velho}} \quad (3)$$



**Figura 2**



**Figura 3**

O cálculo das médias e dos desvios padrão de cada teste, com base nos dados captados pelo software Intel VTune Performance Analyzer.

## Resultados

Os resultados obtidos com a otimização demonstrados nas tabelas (2), (3), (4) e (5) são frutos de um trabalho que consumiu pouco tempo de desenvolvimento uma vez que o uso de primitivas de software otimizadas permite a troca simples das funções do código original por implementações otimizadas da biblioteca Intel IPP. Considerando as características do processador Intel® XScale [9] e técnicas de otimização de desempenho [10], o processo de otimização levou em consideração também a arquitetura de *hardware* dos processadores adotados [9]. A transformada inversa discreta de co-seno e a conversão de cores apresentaram resultados estáveis após aplicação de funções IPPs. Entretanto o algoritmo Huffman apresentou instabilidade no seu funcionamento e, por isso, não foi mantida a otimização com funções IPPs feita nele. Os dados coletados demonstram de maneira clara os resultados práticos da otimização. A situação 1 demonstrou que o ganho no tempo total de execução da aplicação foi de 72,96% conforme tabela (2), ou seja, o aplicativo otimizado executou aproximadamente 3,7 vezes mais rápido do que o aplicativo sem otimizações. Essa característica pode ser observada também no tempo total da situação 3, onde o ganho foi de 71,50%, conforme a tabela (4). Na situação 2, representada na tabela (3), há um ganho de desempenho de 72,77% no tempo total de execução da aplicação, e, finalmente, na situação 4 nota-se o ganho de desempenho no tempo total de execução da aplicação em 71,01%, conforme a tabela (5). Em proporção pode-se observar com base nos resultados dos testes que os processos de otimização levaram o aplicativo de visualização de imagens a executar em um tempo aproximadamente 3 vezes menor em média para imagens médicas comuns para a rotina de um hospital. Essas imagens podem ser tanto imagens em tons de cinza quanto imagens coloridas, com 8 ou 24 bits de profundidade.

Total	Original	Otimizado	Proporção	Ganho
Média	1,302	0,352	3,699	72,96%
Desvio Padrão	0,097	0,036		

**Tabela 2:** Situação 1, dados equivalente ao tempo total de execução

Total	Original	Otimizado	Proporção	Ganho
Média	1,377	0,375	3,672	72,77%
Desvio Padrão	0,064	0,005		

**Tabela 3:** Situação 2, dados equivalente ao tempo total de execução

Total	Original	Otimizado	Proporção	Ganho
Média	3,491	0,995	3,509	71,50%
Desvio Padrão	0,072	0,015		

**Tabela 4:** Situação 3, dados equivalente ao tempo total de execução

Total	Original	Otimizado	Proporção	Ganho
Média	3,534	1,024	3,449	71,01%
Desvio Padrão	0,052	0,006		

**Tabela 5:** Situação 4, dados equivalente ao tempo total de execução

## Discussão e Conclusões

Entre as alternativas para exibição de imagens médicas em ambientes hospitalares os dispositivos do tipo PDA apresentam benefícios como mobilidade e funcionalidade. Em muitos hospitais os Sistemas de Informação promovem a automação do atendimento beira-de-leito através do uso de PDAs, e, em alguns casos, também oferecendo o recurso de visualização de imagens médicas [1][7].

Novos dispositivos móveis, como os chamados *Tablets PC*, apresentam o mesmo poder de processamento de um PC (*Personal Computer*), com uma tela de alta resolução e a mobilidade de um PDA, embora ainda tenha um custo por volta de 5 vezes maior do que os PDAs e não possam ser transportados no bolso [8]. Além dessa opção, é possível ainda conceber soluções sofisticadas onde a imagem é visualizada com grande qualidade em monitores especiais de LCD (*Liquid Crystal Display*) de alta resolução, ligados a um dispositivo computacional e fixados em determinados locais do hospital. Entretanto, soluções como essa retiram a componente da mobilidade de uso que o PDA possui e apresenta em muitos casos um alto custo de implementação em função do custo dos monitores de LCD para uso hospitalar [8].

Na tentativa de conciliar alta qualidade da imagem, custo de implementação relativamente baixo e mobilidade, o uso do PDA conforme proposto neste trabalho passa a ser uma opção interessante. Um dos maiores desafios técnicos enfrentados pelo projeto, que é a limitação de processamento computacional da imagem médica no PDA, foi suplantado fazendo-se uso de software de código-aberto, portanto gratuito e que pode beneficiar diversos sistemas hospitalares. As otimizações realizadas no aplicativo de visualização, além de demonstrarem um resultado expressivo, foram obtidas em parte fazendo-se uso de ferramentas gratuitas, como a biblioteca Intel IPP, além de outras técnicas citadas anteriormente. As imagens médicas visualizadas no PDA mantêm sua resolução original e um dos únicos fatores limitadores de uso é o fato do usuário realizar rolagem da tela para visualizar a imagem em sua totalidade. A imagem está no formato JPEG, de tamanho reduzido, e o tempo de transmissão da imagem para a visualização no PDA é baixo, por volta de 3 a 20 segundos para cada imagem visualizada. Esta latência para a cópia da imagem do servidor para o PDA pode ser eliminada se a imagem for copiada antes de seu uso para o PDA [8]. O uso desta solução está sendo avaliado pelo corpo médico do HEB. Junto ao sistema de visualização de imagens foi desenvolvido um módulo de avaliação médica do programa. Esse módulo, baseado no protocolo médico desenvolvido pelo NEAD, será a base para a validação prática dessa proposta tecnológica de visualização de imagens médicas com alta resolução em PDAs dentro de ambientes hospitalares.

## Referências

- [1] Andrade, R., Wangenheim, A., Bortoluzzi, M.K. (2003) "Wireless and PDA: a novel strategy to access DICOM-compliant medical data on mobile devices". *International Journal of Medical Informatics*, n. 71, p. 157 – 163.
- [2] Anastasi, G., Lenzini, L., (2000) "QoS provided by the IEEE 802.11 wireless LAN to advanced data applications: a simulation analysis". *Wireless Networks* n.6, p.99 – 108.
- [3] Salomão, Daniel Sigulem. "Utilização de Computadores de Bolso no Atendimento Médico Hospitalar.", em UNIFESP, Departamento de Informática em Saúde – DIS, [www.disacad.unifesp.br/mobile/\_arquivos/Public\_PDA.html]. Abril de 2002.
- [4] Kocsis, O., Costaridou, L., Mandellos, G., Limberopoulos, D., Panayiotakis, G., "Compression assesment based on medical image quality concepts using computer – generated test images." *Computer Methods and Program in Biomedicine*", n. 71, p. 105 – 115.
- [5] Anzbock, R., Dustdar, S., Gall, H., (2002) "Software configuration, distribution, and deployment of web-services." *ACM PRESS*, New York, NY, p. 649 – 656.
- [6] Iserhardt-Bauer, S., Hastreiter, P., Ertl, T., Eberhardt, K., Tomandl, B., (2000) "Case Study: Medical Web Service for the Automatic 3D Documentation for Neuroradiological Diagnosis." *IEEE Computer Society Technical Committee on Visualization and Graphics*, San Diego, CA, p. 425 – 428.
- [7] Andrade, R., Wangenheim, A., Bortoluzzi, M.K. Biasi, H.H. de., (2003) "A strategy for a wireless patient record and image data". *International Congress Series* n. 1256, p. 869 – 872.
- [8] Ratib, O., McCoy, M., McGill, R., Minglin, Li., Brown, A., (2003) "Use of Personal Digital Assistants for Retrieval of Medical Images and Data on High-Resolution Flat Panel Displays", *RSNA Scientific Assembly*, Department of Radiology, UCLA School of Medicine, Los Angeles, CA p.267 – 273.
- [9] Dumschat, U., (2003) "Intel® Software Development Tools for Intel® XScale™ Technology." *Wireless Communications and Computing SOLUTIONS*", p.38 – 44, Out.
- [10] Gerber, R., (2002) *The Software Optimization Cookbook – High Performance Recipes for the Intel® Architecture*, 1. ed. Intel Press.

## Contatos

- <sup>1</sup> LTIA (Lab. Tecnologia da Informação Aplicada) – Faculdade de Ciências – Unesp  
Av. Engº Edmundo C. Coube s/n, Bauru – SP – Brasil CEP: 17033-360 - Tel: (14) 3103-6080  
emorgado@travelnet.com.br
- <sup>2</sup> NEAD (Núcleo de Ensino a Distância) – Faculdade de Medicina de Botucatu – Unesp  
Distr. de Rubião Junior s/n – Botucatu – SP – Brasil CEP: 18618-970 - Tel: (14) 3811-6201
- <sup>3</sup>Depto. de Computação – Hospital Estadual de Bauru  
Av. Engº Edmundo Coube 1-100, Bauru – SP – Brasil CEP: 17033-360 - Tel: (14) 3103-7777