

# SISTEMA DE APOIO À DECISÃO MÉDICA USANDO TÉCNICAS WIRELESS E INTERNET – APODEME

Raul J. F. de Oliveira<sup>1</sup>, Paulo J. Abatti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial –  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)  
Av. Sete de Setembro, 3165 - Rebouças CEP 80230-901 - Curitiba - PR - Brazil  
rfo@sulbbs.com.br, pjabatti@gmail.com

***Abstract.** This paper presents a system designed to provide information about the biological status of patients in real time to support treatment decisions of health professionals. Biological parameters, such as pulse oximetry, heart beating, blood pressure, and others, are monitored by a wireless sensors network, allowing doctors, by the internet, access its information.*

***Resumo.** Este trabalho apresenta um sistema projetado para coletar informações sobre o estado biológico de pacientes, em tempo real, para apoiar as decisões dos profissionais. Parâmetros biológicos, tais como oximetria, batimento cardíaco, pressão sanguínea e outros, são monitorados por uma rede sem fio permitindo aos médicos acessar as informações dos pacientes usando a internet.*

## 1. Introdução

A idéia de que a tecnologia da informação pode ser útil na manipulação (transmissão, processamento e armazenamento) de dados clínicos já vem sendo discutida a algum tempo [Cohen, 2004]. Neste sentido, por exemplo, Gao et. al., [2005]; \_\_\_\_\_, [2007] implementaram sistemas de transmissão de dados clínicos usando técnicas wireless. Além disto, foram implementados também sistemas de gerenciamento online de informações médicas [Coiera, 2003; Teixeira et. al., 2009].

Neste contexto, seguindo a concepção de sistemas apresentados anteriormente [Cohen, 2004; Gao et. al., 2005; \_\_\_\_\_, 2007; Teixeira et. al, 2009], o Projeto APODEME foi concebido para realizar a monitoração de parâmetros fisiológicos (frequência respiratória, frequência cardíaca, temperatura, oximetria e pressão arterial), parâmetros indicativos da taxa de administração de fármacos (taxa de administração de soro e medicamento) e parâmetros comportamentais (presença do paciente no leito), no intuito de auxiliar a equipe médica.

Ressalta-se que estes parâmetros são transmitidos usando-se técnicas wireless para, a seguir, serem disponibilizados na internet onde podem ser acessados online ou offline, uma vez que encontram-se armazenados em um servidor apropriado.

## 2. Visão geral do Sistema APODEME

O Sistema APODEME representado esquematicamente na Figura 1 pode ser dividido em seis partes: os sensores propriamente ditos; a rede de sensores sem fio (wireless); o

Gateway; o servidor concentrador da base de dados; o aplicativo de consulta às informações em tempo real ou a históricos do paciente (Browser); e a segurança das informações (intrínseco a todos os anteriores).

Seguindo as normas da agência de fomento que financiou o projeto (FINEP), todos os aplicativos envolvendo o Sistema foram desenvolvidos sobre plataformas de software livre [Ministério da Ciência e Tecnologia, 2007].

Desta forma, o ambiente utilizado para o desenvolvimento de todas as aplicações foi o sistema operacional Linux (baseado na distribuição Ubuntu 10.10, denominado Maverick Meerkat, e 11.04, denominado Natty Narwhal) que é distribuído gratuitamente segundo a licença General Public License (GPL) [GNU Operating System]. Utilizando-se da mesma filosofia das plataformas de software livre, os aplicativos que envolvem o Gateway e as atividades de consulta à base de dados (Browser) foram desenvolvidos em linguagem Java e a base de dados sobre a plataforma MySQL.

Cabe aqui uma breve explicação com intuito de esclarecer ao leitor o porquê da escolha destas linguagens. Notoriamente, várias seriam as linguagens de programação disponíveis. No entanto, a linguagem Java apresenta muitas características importantes a este projeto. Inicialmente ela é distribuída de forma gratuita pela Oracle (detentora atual da marca), apresenta muita similaridade à linguagem C (muito utilizada por desenvolvedores de sistemas), facilidade de operação com o hardware tradicional dos computadores pessoais e larga base de funções para conexão de dados através dos padrões da internet, além de apresentar vasta literatura especializada [Schildt, 2002; Burd, 2007; Horstmann e Cornell, 2001].

Devidos aos aspectos mencionados e ainda às facilidades que Java apresenta na integração com a maioria dos navegadores comerciais (gratuitos ou não), difundidos nas conexões via internet, há ainda a possibilidade de integração com bancos de dados que operam nos padrões SQL, facilitando também a interoperabilidade com a base de dados em desenvolvimento para o projeto APODEME, a plataforma livre MySQL .

O Sistema Operacional utilizado para a rede de sensores é o TinyOS, cujas fundamentações para sua escolha são apresentadas detalhadamente em outro artigo submetido neste congresso, intitulado: Sistemas Operacionais para Redes de Sensores Sem fio [Wanner e Fröhlich, 2008].

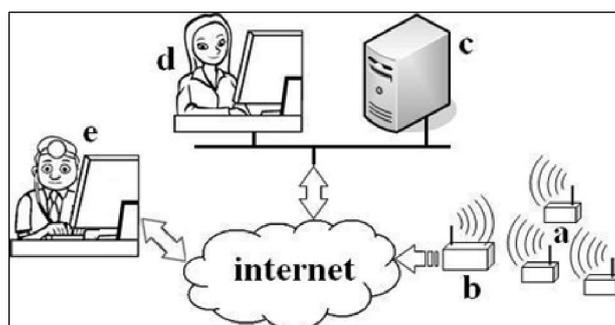


Figura 1. Diagrama resumido do projeto destacando-se (a) a rede de sensores e os próprios sensores, (b) o gateway, (c) a base de dados e o (d) corpo clínico do hospital que se encontram na mesma rede e (e) os acessos remotos que podem ser realizados pelos médicos que acompanham os pacientes à distância. Fonte: Autoria própria.

## 2.1. Os Sensores Wireless

Por uma decisão estratégica de projeto, cada unidade wireless é composta por um sensor responsável por coletar um parâmetro fisiológico específico do paciente e um dispositivo receptor e transmissor de sinais de rádio frequência (RF). Esta decisão está fundada na característica de identificação (ID) particular que cada conjunto sensor/unidade wireless pode fornecer dentro do sistema. Ou seja, cada conjunto destes garante uma identificação única perante o sistema. Desta forma, a cada prontuário de pacientes (composto pelo registro destes no banco de dados) é possível associar os identificadores necessários à sua monitoração.

De forma geral, o conjunto é provido por um sensor específico, desenvolvido para obter as informações físicas de algum parâmetro biológico de interesse, montado sobre uma unidade transceptora de rádio que através de um conjunto de protocolos wireless se comunica com seus vizinhos, propagando as suas informações até um ponto adequado (nó principal) para tratamento e registro destes dados.

Para facilitar a validação dos sensores junto ao sistema hospitalar, a obtenção de valores de pressão arterial, a oximetria e a temperatura corporal serão efetuadas por meio de sensores comerciais previamente acreditados, adaptados ao projeto.

Cada conjunto mencionado, devido às características do sistema operacional embarcado utilizado para gerencia-los (TinyOs), comporta-se também como um roteador Ad hoc , rastreando e estabelecendo rotas de comunicação entre os seus vizinhos. Então, os conjuntos sensores mais distantes aproveitam-se desta versatilidade para trafegar as suas informações, através da rede de sensores, até o nó principal que se interconecta ao Gateway do Sistema APODEME.

As unidades wireless utilizadas são dispositivos produzidos pela Crossbow Technology Inc., denominados MTS/MDA Sensor Boards. A Figura 2a apresenta o aspecto de um dispositivo sensor e a Figura 2b da parte transceptora wireless que compõe o conjunto.

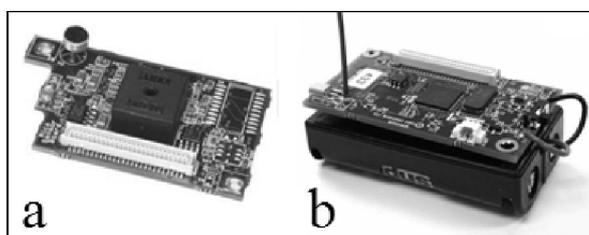


Figura 2. Aspecto de um dos tipos de sensor que compõem as unidades wireless (neste caso denominado especificamente de MTS310). Fonte: CrossBow Technology Inc., 2005.

## 2.2 A Rede de Sensores Wireless

A rede de sensores wireless não é um objeto direto do relato deste trabalho, pois foi destinado à competência de outros especialistas envolvidos no projeto. No entanto, para ilustrar de maneira mais completa a visão geral deste Sistema torna-se necessário apresentá-la rapidamente.

Esta rede tem como funcionalidade básica estabelecer a comunicação entre os conjuntos sensores/transceptores wireless. Esta comunicação ocorre de forma tal que, independente da posição que se encontre o conjunto, sempre deverá existir uma rota para que as informações coletadas pelos sensores se propaguem até alcançarem o nó principal (gateway da rede).

Para que este objetivo seja alcançado um sistema operacional deve ter a capacidade de administrar o comportamento de cada conjunto (e todos os componentes a eles associados, como: consumo de energia, processamento, memória, comunicações, registro temporário de informações do sensor e escalonamento de tempo) e estabelecer meios para que as rotas de comunicação possam ser estabelecidas (de forma confiável) para conduzir os parâmetros coletados pelos sensores a um destino mais próximo com capacidade para tratá-las (TinyOS [TinyOS Main]).

### **2.3 O Gateway**

Inicialmente é importante esclarecer e qualificar os dois conceitos de gateway envolvidos no Sistema APODEME.

O primeiro conceito está envolvido com a topologia da rede composta pelos conjuntos sensores/unidade wireless, que, como já foi mencionado anteriormente no item 2.1, é provida de um nó principal. Este nó apresenta uma interface de hardware que permite a sua comunicação, através de interfaces seriais, com um computador pessoal. Desta forma, trabalha como um gateway com relação à rede de conjuntos sensores/unidade wireless, pois converge as informações de todos os elementos desta rede para a interface serial do computador pessoal em questão.

O segundo conceito está envolvido com o aplicativo desenvolvido na linguagem JAVA para receber, tratar e enviar ao servidor do banco de dados dos pacientes as informações que o nó principal da rede de conjuntos sensores/unidade wireless comunicou via sua interface serial. Portanto, trata-se de um software.

Para que haja uma diferenciação e se tenha a ideia clara sobre qual dispositivo se está discorrendo, o gateway da rede de sensores é grafado com a sua inicial em minúscula, já o Gateway aplicativo (software) é grafado com a sua letra inicial em maiúscula.

Assim, as funções do Gateway deste Sistema envolvem: o recebimento das informações de todos os sensores da rede wireless, a decodificação do identificador do sensor que informou o parâmetro desejado, a transformação da informação deste parâmetro (em bytes) para unidades físicas inteligíveis e o envio do identificador com o correspondente valor do parâmetro medido para o servidor do banco de dados.

Cada informação destas é composta por uma sequência de bytes provida por um cabeçalho inicial composto por alguns identificadores específicos (do nó - a placa do transceptor em si; do tipo de placa - sua função básica; e outros), um conjunto de bytes com as informações que estão em tráfego e um finalizador.

Tendo em vista que a cada nova leitura de um dos sensores que compõem a rede esta informação é roteada até o gateway desta, a todo o momento o Gateway do Sistema APODEME necessitará desempenhar as suas funções, pois os parâmetros biológicos são obtidos dos pacientes e fornecidos ao banco de dados em tempo real.

Torna-se importante lembrar que a decodificação do identificador de cada pacote de informações que os respectivos sensores enviam é de suma importância, pois, os pacientes sob monitoração terão o seu quadro biológico indicado por uma série de sensores, que por sua vez, tem um ID correspondente. Portanto, a cada paciente corresponde um conjunto de ID específico.

Como inicialmente apenas a leitura do parâmetro temperatura foi desenvolvido para verificar o funcionamento do Sistema de forma global, o Gateway realiza somente a decodificação deste parâmetro. Este processo é necessário devido à forma como os conjuntos sensores/unidade wireless captam e enviam o parâmetro sob acompanhamento. Como o sensor físico está baseado em um componente com coeficiente negativo de temperatura (NTC), a variação do seu valor indica a temperatura desejada, este valor é quantificado através de um conversor analógico digital dentro da própria unidade wireless e inserido em um bloco padrão de informações para ser transmitido via rádio ao gateway desta rede.

Então, ao receber o bloco de informações, o Gateway do Sistema utiliza o processo inverso para obter, através de equações que envolvem índices apropriados do NTC, a temperatura indicada no local monitorado.

De posse do ID do sensor e da informação de temperatura, o Gateway formata adequadamente estes dados e os envia através dos devidos protocolos de comunicação, via internet, para o servidor do banco de dados dos pacientes, que mais tarde serão recuperados pelos processos de leitura.

## **2.4 O Servidor Concentrador e a Base de Dados**

A base de dados está localizada em um servidor robusto, de alta confiabilidade, com características hot-swap, tanto para os discos rígidos, como para as fontes de energia.

Este servidor deve estar inserido na mesma rede de dados onde se localizam os terminais de consulta das centrais de enfermagem que acompanham os pacientes internados. Esta estratégia privilegia o fluxo de dados entre os pacientes internados, sob monitoração, e o corpo clínico do hospital, proporcionando a rapidez no tráfego das informações nesta rede em favor do apoio à decisão médica.

A base de dados que envolve as informações dos pacientes, também foi desenvolvida segundo o pré-requisito do software livre, apoiando-se na plataforma MySQL, que permite o seu acesso através da identificação de usuários e senhas pré-estabelecidos na sua criação.

Como esta base de dados será acessada a partir de dois tipos de aplicativos distintos (um que alimenta as informações paramétricas dos pacientes, em tempo real - Gateway(s) do Sistema - e outro(s) que farão a recuperação das informações ali depositadas, também em tempo real - Browser), é indispensável que o servidor apresente duas placas de conexão de rede, portanto, dois endereços IP conectados à internet.

## **2.5 O Aplicativo de consulta às informações da Base de Dados em tempo real (Browser)**

O aplicativo chamado Browser foi desenvolvido em linguagem Java, devido às facilidades já foi mencionado anteriormente. Suas funções apresentam vários aspectos

específicos ao sistema e devido a estes aspectos não foi possível utilizar-se das facilidades comuns que os navegadores comerciais apresentam.

Este Browser é o responsável pela inserção ou modificação do cadastro dos pacientes atendidos pelo sistema, portanto a administração do banco de dados do servidor APODEME; a apresentação em tempo real das informações monitoradas relativas aos pacientes escolhidos para tal e a indicação dos limiares paramétricos do transcurso normal dos tratamentos ou a urgência de atendimento.

Inicialmente o Browser solicita uma senha ao usuário possibilitando a opção de manutenção de cadastro ou acompanhamento de pacientes. Na opção de manutenção de cadastro os dados referentes aos pacientes podem ser devidamente registradas ou removidas do banco de dados do servidor, independente do local onde o aplicativo esteja em funcionamento. A opção de acompanhamento dos pacientes é mais complexa e descrita a seguir.

Na opção de acompanhamento de pacientes, todos os registros de pacientes presentes no banco de dados do servidor são apresentados ao usuário do corpo clínico, que pode escolher dentre os pacientes registrados os que devem apresentar suas informações em tempo real. Atualmente, devido a limitações momentâneas de desenvolvimento, apenas três pacientes são monitorados simultaneamente dentre os registrados na base de dados.

Com os pacientes escolhidos, as informações de monitoramento podem ser iniciadas e acompanhadas em tempo real, as quais serão apresentadas e atualizadas a cada leitura que o aplicativo Gateway (mencionado no item 2.3) for registrando no banco de dados ao receber dos respectivos sensores. Ainda é possível escolher a opção de apresentar um gráfico com as últimas medidas registradas, o qual possibilita a indicação de limiares de cuidados mais intensos devido aos valores de parâmetros estabelecidos pelo corpo clínico.

Vale ressaltar que a qualquer instante o paciente pode ter um parâmetro seu medido, portanto, as informações recebidas pelo aplicativo Gateway são registradas no banco de dados do servidor independentemente da sua escolha para monitoração ou não pelo corpo clínico, mantendo um histórico paramétrico destes.

## **2.6 A Segurança das Informações**

Os aspectos de segurança serão os últimos a serem considerados, pois tem relação direta com o corpo funcional e a forma como o Sistema será operado. Assim, quando o teste final em ambiente hospitalar for realizado, estes quesitos serão melhor avaliados e implementados de acordo com as normas e dispositivos administrativos concernentes à área da saúde.

Todavia, alguns cuidados iniciais já podem ser considerados, tais como: o sistema deve ser protegido através de senhas de acesso; será necessária a existência de dispositivos que restringem a conexão à base de dados (firewalls) a usuários específicos cadastrados para tal; as linhas de comunicação entre a base de dados e os aplicativos de consulta e inserção de dados devem prever a existência de protocolos seguros específicos (criptografia de dados ou VPNs); finalmente o tráfego de informações entre

os conjuntos sensores/unidades wireless até que chegue ao Gateway devem prover a necessária segurança de informações.

### 3. Resultados apresentados com o Sistema APODEME

Para verificar a funcionalidade da proposta do projeto APODEME, inicialmente foi criado um banco de dados simples, em um servidor remoto, com um campo “identificador de paciente” e outro para o registro da temperatura que três sensores independentes iriam fornecer ao sistema.

Os sensores foram dispostos numa mesma sala, à pequena distância um do outro (aproximadamente 1m de distância) e através do gateway, que também é um sensor de temperatura, cada um dos outros sensores, com seus respectivos identificadores, iniciaram o envio de informações, de forma semelhante ao que se apresenta no diagrama da Figura 3.

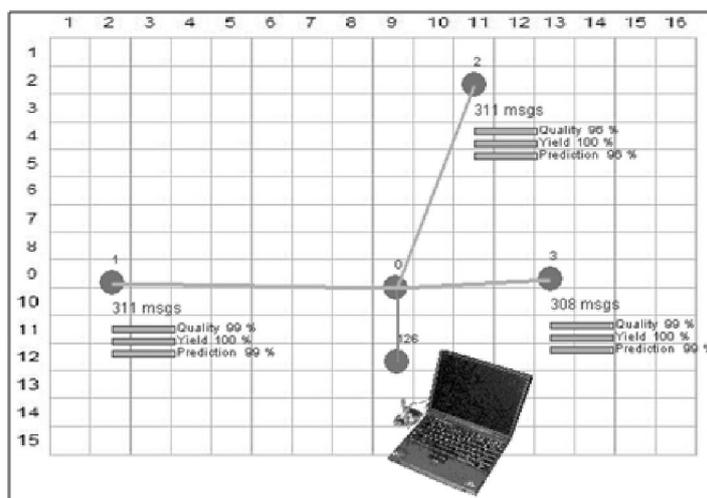


Figura 3. Diagrama que ilustra a disposição do ambiente de testes do Sistema APODEME. Fonte: Tela do Aplicativo de gerenciamento dos conjuntos sensores/transceptores wireless do sistema operacional TinyOS.

O gateway, que recebeu as informações dos sensores remotos, estava conectado diretamente através da interface serial de um computador pessoal que por sua vez faz acesso a internet. As informações de temperatura respectivas a cada identificador coletadas foram tratadas e enviadas através do aplicativo Gateway, executado no computador pessoal, ao servidor de dados que se encontrava em outro prédio via internet.

O aplicativo Browser, específico para a monitoração das informações existentes no banco de dados, responsável por estabelecer a conexão SQL com a estrutura de dados e apresentar as informações coletadas pelos nós sensores, foi executado em outro computador pessoal recuperando as de informações respectivas de cada sensor.

O sensor de temperatura utilizado no momento é baseado no termistor Panasonic ERT-J1VR103J. Trata-se de um componente SMD, configurado como um divisor de tensão simples, no qual a medida nominal de 25°C encontra-se no centro de sua escala. A tensão estabelecida por este divisor pode ser convertida para a faixa aproximada entre 0-50 ° [Crossbow Technology, Inc., 2006].

A figura 4 apresenta a variação da temperatura obtida nos testes (dentre outras informações concernentes ao nó sensor).

#### 4. Considerações finais

Inicialmente é necessário mencionar que o projeto APODEME demanda um grande esforço, integrando várias áreas de conhecimento especializado no intuito de fornecer ao corpo clínico ferramentas para facilitar a tomada de decisão quanto ao tratamento de pacientes. Estas ferramentas procuram informar em tempo real o estado geral dos enfermos através de um conjunto de parâmetros biológicos que indiquem o quadro comportamental da sua saúde momentânea. De posse destas indicações, o diagnóstico de cada paciente poderá ser obtido com mais agilidade, apresentando o comportamento evolutivo das estratégias de cura propostas pelo corpo médico, permitindo correções de rota e prevenindo o agravamento de quadros clínicos, portanto, facilitando a alta destes pacientes.

Observa-se que ao permitir a monitoração contínua dos pacientes o tempo dos mesmos em UTIs (Unidades de Terapia Intensiva) e/ou CTIs (Centro de Tratamento Intensivo) pode ser diminuído, pois a indicação terapêutica mais adequada pode ser encontrada rapidamente. Além disto, o sistema proposto pode incorporar ferramentas de software inteligentes que permitem a identificação dos parâmetros coletados pelos sensores que estejam fora de uma faixa pré-estabelecida pela equipe medica, podendo emitir avisos visuais e sonoros. Adicionalmente o sistema pode disponibilizar o histórico da evolução dos parâmetros monitorados ao longo do tratamento.

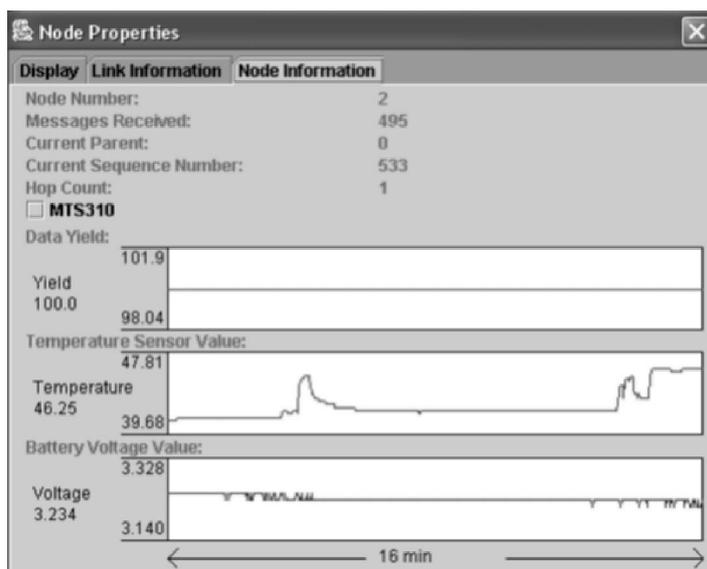


Figura 4. Dados obtidos de um nó sensor remoto, dentre eles a tensão remanescente da bateria e a temperatura. Fonte: Tela do Aplicativo de gerenciamento dos conjuntos sensores/transceptores wireless do sistema operacional TinyOS.

Devido a forma como o aplicativo Gateway foi desenvolvido, as informações enviadas à internet (para prover o banco de dados do servidor) são encapsuladas através do protocolo TCP/IP, portanto, podem ser veiculadas via placas de rede e por modems conectados à linhas telefônicas, o que permite a monitoração de pacientes em suas

próprias residências, realizando uma das facilidades a que o sistema APODEME se propõe.

Como todos os dispositivos envolvidos no sistema encontram-se conectados à internet, facilmente, os profissionais da saúde que desejarem acompanhar seus pacientes à distância, poderão fazê-lo através de dispositivos que se interconectem com os protocolos usuais na rede mundial e interpretem Java.

Deve-se ressaltar que por estar baseado em uma rede wireless o sistema não necessita de cabeamentos estruturados, o que facilita a sua instalação e execução, evitando transtornos relativos as obras que são necessárias nas redes clássicas com fio.

Os resultados iniciais obtidos em laboratório dão indicação que os objetivos propostos inicialmente neste projeto podem ser atingidos de maneira satisfatória. Ou seja, o corpo clínico do hospital poderá contar com as informações fisiológicas/patológicas de vários pacientes num ponto central de observação.

A múltipla informação de dados dos diferentes sensores foram coletadas, identificadas e corretamente armazenadas junto aos seus respectivos identificadores na base de dados. Fato que comprova que o sistema tem a possibilidade de monitorar adequadamente múltiplos nós sensores indicando os parâmetros a serem obtidos de cada paciente.

É importante frisar que a observação da funcionalidade do sistema foi obtida em laboratório, no entanto, há a necessidade de balizá-lo perante as referências da área da saúde, cumprindo todos os requisitos exigidos para tal.

Alguns testes adicionais ainda são necessários (como a observação do atraso com que os dados trafegam para o servidor e a recuperação desta informação para o corpo clínico do hospital; a aplicação dos múltiplos sensores trafegando informações de vários pacientes ao mesmo tempo; a aplicação de todo o sistema dentro do ambiente hospitalar, ou questões de disponibilidade e tolerância a falhas), porém, pode-se afirmar que há indícios que o sistema é viável.

Os trabalhos realizados até o momento, tanto na administração de todos os processos e aplicativos envolvidos, bem como, na interação de toda a estrutura inteligente de software (com a operação do banco de dados dos pacientes e a comunicação com o corpo clínico via internet) com a rede de sensores wireless que monitora os pacientes, proporciona uma base de apoio ao diagnóstico de enfermidades apresentando uma solução fim-a-fim.

Desta forma, os objetivos propostos para este grande projeto podem ser considerados, no âmbito de protótipo, alcançados, proporcionando uma plataforma de onde possam partir ampliações para tornar este Sistema mais abrangente, eficiente e seguro para o auxílio no tratamento de paciente internados ou nos seus lares.

## **5. Referencias**

- Burd, B. (2007) Java™ For Dummies. 4th ed. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.
- Cohen, T. (2004) "Medical and Information Technologies Converge - The Impact on Clinical Engineering" IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, p. 59-65, May/June.

- Coiera, E. (2003) *The Guide to Health Informatics*. 2nd ed. Oxford University Press.
- Crossbow Technology Inc. (2005) *Getting Started Guide*. Document 7430-0022-07. Rev. A, September.
- Crossbow Technology, Inc. (2006) *MTS/MDA Sensor Board User's Manual*. Rev. B. June.
- GNU Operating System. <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>.
- Gao, T., Greenspan, D., Welsh, M., Juang, R. R., Alm A. (2005) "Vital Signs Monitoring and Patient Tracking Over a Wireless Network", In: *Proceedings of the 27th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Shanghai, p. 102-105, Sept.
- Gao, T., Massey, T., Selavo, L., Crawford, D., Chen, B., Lorincz, K., Shnayder, V., Hauenstein, L., Dabiri, F., Jeng, J., Chanmugam, A., White, D., Sarrafzadeh, M., Welsh, M. (2007) "The Advanced Health and Disaster Aid Network: A Light-Weight Wireless Medical System for Triage" *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*, v. 1, n. 3, p. 203-216, Sept.
- Horstmann, C. S. and Cornell, G. (2001) *Core Java™ 2: Volume II—Advanced Features*. United States of America: Prentice Hall.
- Ministério da Ciência e Tecnologia. (09/2007) CHAMADA PÚBLICA MCT/FINEP - Ação Transversal - TELEMEDICINA.
- Schildt, H. (2002) *Java™ 2: The Complete Reference*. 5th ed. New York: McGraw-Hill/Osborne.
- TinyOS Main. <http://code.google.com/p/tinyos-main/>.
- Teixeira, I. M., Viçoso, R. P., Correa, B., Gomes, A. T. A., Ziviani, A. "Suporte Remoto ao Atendimento Médico Emergencial via Dispositivos Móveis". In: *IX WIM - Workshop de Informática Médica 2009*, p. 2109-2118.
- Wanner, L. F. e Fröhlich A. A. (2008) "Suporte de Sistema Operacional para Redes de Sensores". In: *XXVIII Congresso da SBC (WSO-Workshop de Sistemas Operacionais 2008)*, p. 123-134.