

Desenvolvimento de uma Plataforma Web para Gerenciamento de Rede de Sensores Sem Fio

Itamar Eduardo Gonçalves de Oliveira, Tatiana Annoni Pazeto

Curso de Licenciatura Plena em Informática – Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) – Campus Universitário de Rondonópolis – Rodovia Rondonópolis-Guiratinga, KM 06 (MT 270) – B. Sagrada Família. CEP 78.735-910 Rondonópolis – MT – Brazil

{3duardo.goncalves, tpazeto}@gmail.com

Abstract. *This paper presents an overview on Wireless Sensor Network (WSN) and its management, with the goal of develop a web framework for WSN management. The benefit of WSN management consists in the increasing of system's lifetime, as management promotes a better use of the network resources, mainly of energy resources, once the power consumption is one of the critical factor in this kind of network. The framework interface and its functionalities are already validated, and new functions will still be added, with the goal of facilitate the network management, concerning the consumption of energy.*

Keywords: *Wireless Sensor Networks, Networks Management, Sensors.*

Resumo. *O presente trabalho apresenta uma visão geral sobre Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) e seu gerenciamento, objetivando propor uma plataforma web para gerenciamento de uma RSSF. O benefício de se gerenciar uma RSSF consiste em aumentar a vida útil do sistema, uma vez que o gerenciamento promove um uso consciente dos recursos disponíveis na rede, principalmente de recursos energéticos, visto que em uma RSSF estes recursos representam um fator crítico. A interface da plataforma com suas funcionalidades já se encontra validada, sendo que novas funções ainda serão contempladas, de modo a facilitar o gerenciamento da rede no tocante ao consumo de energia.*

Palavras-chave: *Rede de Sensores Sem Fios, Gerenciamento de Redes, Sensores.*

1. Introdução

Com o avanço da tecnologia e com o desenvolvimento de dispositivos sensores sem fio, houve a possibilidade da implementação de uma rede de sensores para monitoramento de diversos fenômenos, como por exemplo, o monitoramento de dados em áreas hostis, monitoramento da atividade do corpo humano, dentre outros.

Apesar da grande variedade de sensores – existem sensores capazes de monitorar, processar e comunicar diversos fenômenos, como movimentos, variações de pressão, temperatura, luminosidade, localização, batimentos cardíacos, entre outros [Castilho 2009; OTTO *et al*, 2006] - normalmente eles possuem capacidade de

memória, poder computacional e energia limitado. Segundo Akyildiz, Melodia e Chowdhury (2007) o consumo de energia é um ponto fundamental em RSSF.

Há diversas pesquisas como a feita por Sene Jr *et al* (2006), sobre o método de fusão de dados, a pesquisa realizada por Otto *et al* (2006), que apresenta uma proposta de arquitetura de hardware e software para uma rede de sensores sem fio, Henriques, Lovisolo e Rubinstein (2009), propõem a utilização do conceito de taxa de inovação, a pesquisa de Ruiz (2003) que demonstra uma arquitetura para Rede de Sensores Sem Fio (RSSF) - que estudam as formas de organização, gerenciamento e aplicação das RSSF. Nesses trabalhos sempre é levantada a questão sobre o que fazer para otimizar as baterias dos nós sensores, e assim são apresentadas propostas de gerenciamento de algum aspecto da rede.

Dessa forma, para haver um melhor aproveitamento do sistema é necessário que a forma de gerenciamento escolhida vise à economia de energia, abrangendo desde a fase de sensoriamento à transmissão dos dados coletados.

Para isso foi realizada pesquisa bibliográfica em artigos, dissertações, apostilas relacionadas a gerenciamento de rede de sensores, bem como sobre os sensores e forma de organização dos mesmos, visando verificar alternativas para coleta e monitoramento dos dados. A partir das informações obtidas, será desenvolvido uma plataforma web para gerenciamento de RSSF, sendo necessária também a implementação de um simulador para emular a geração de dados dos sensores, visto que não é possível sua aquisição. O simulador visa analisar o comportamento da rede, para propor alternativas para o desenvolvimento da ferramenta web para gerenciamento de RSSF.

O artigo é organizado como segue. Na seção 2 são apresentadas as definições e características de sensores para a RSSF. Conceitos e a importância do gerenciamento de redes, além de uma visão sobre o gerenciamento de RSSF são relatados na seção 3. A seção 4 versa sobre gerenciamento baseado em web, apresentando algumas ferramentas disponíveis, bem como relata a interface proposta para o desenvolvimento da plataforma web para o gerenciamento de uma RSSF. Por fim, a seção 5 contempla as conclusões.

2. Sensores

Segundo Loureiro *et al* (2003, p.10), “um sensor é um dispositivo que produz uma resposta mensurável para uma mudança na condição física” e, de acordo com Teixeira (2005), reporta as medições.

Segundo Jovanov *et al* (2005) e Otto *et al* (2006), os sensores para Rede de Sensores Sem Fio do Corpo Humano (RSSFCH) devem ser leves e pequenos, porém o tamanho e o peso do sensor é determinado principalmente pelo tamanho e peso da bateria. Assim os requisitos para aumentar a vida da bateria são exatamente opostos aos requisitos do sensor.

De acordo com Akyildiz, Melodia e Chowdhury (2007) o consumo de energia é um ponto fundamental em RSSFCH, isso porque a bateria é um dos fatores críticos que determinam o tempo de vida da rede, visto que em uma RSSFCH a bateria é muitas vezes um recurso energético não renovável, ou não possível de ser trocada. Isso para o caso de sensores implantados no corpo humano ou situados em áreas hostis [Sene Jr *et al*, 2006; Teixeira, 2005].

Dessa forma, tais redes de sensores, se não são bem gerenciadas, podem comprometer a atividade de monitoramento do sensor e a vida útil do sistema. Assim, ao se trabalhar com sensores onde não é possível efetuar a troca da bateria, é importante gerenciar de maneira precisa a forma de leitura, transmissão e processamento dos dados coletados pelos sensores, buscando uma maneira em que haja o menor consumo de bateria, prolongando a vida útil do sistema.

Neste sentido, para a proposta da ferramenta de gerenciamento está sendo feita uma pesquisa sobre sensores sem fio, buscando encontrar as características e parâmetros dos mesmos. Contudo, tendo em vista que há muitos parâmetros envolvidos, para fins deste trabalho, apenas os relacionados ao consumo de energia, a transmissão dos dados e os referentes ao tamanho e peso do sensor serão investigados. Estes serão importantes para definir quais sensores serão utilizados para o cenário proposto.

Dessa maneira têm-se três tabelas que demonstram as configurações de alguns dos sensores que estão sendo utilizados em RSSF. Neste sentido, na tabela 1 constam informações referentes a comunicação.

Tabela 1: Configuração do sensor quanto a comunicação.

Comunicação					
Nome	Alcance do sinal	Taxa de Transmissão	Frequência de banda	Potência de RF	Consumo
SensiumTM Life Pebble TZ203082	5 m a 25 m	50 kbps	865MHz a 928MHz		
Mica2	152,1 m em ambiente aberto	38.4 kbaud	868MHz a 916MHz	-20 a +5 dBm	27 mA TX 10 mA RX <1 µA sleep
Micaz	20 m a 30 m em ambiente fechado 75 m a 100 m em área aberta	250 kbps	2400 MHz a 2483.5 MHz	-24 dBm a 0 dBm	11 a 17.4 mA TX 19.7 mA RX <1 µA sleep

Fonte: Crossbow (2008); Texas Instruments (2009)

Como observado na tabela 1, geralmente os nós de uma RSSF possuem baixa taxa de transmissão, além de que o alcance do sinal de cada nó em ambiente fechado é em média de 25 metros, o que permite que o *gateway* esteja um pouco afastado dos nós, possibilitando a utilização de sensores em um ambiente como uma casa. Outrossim, o *gateway* ou estação base podem ser um aparelho celular com Bluetooth ou computador com uma placa receptora dos sinais enviados pelos sensores.

De acordo com a tabela 1, dos três sensores, o MicaZ é o que tem o menor consumo na transmissão, e o Mica2 é o que tem o menor consumo quando está recebendo dados. Porém, não foi encontrado dados sobre o consumo do rádio utilizado no sensor SensiumTM.

Como relatado anteriormente, outros parâmetros importantes para a definição dos sensores referem-se ao tempo de vida e tipo de bateria, sendo estas características apresentadas na tabela 2.

Tabela 2: Configuração do sensor quanto a Energia.

Energia		
Nome	Tipo de bateria	Tempo de operação padrão
SensiumTM Life Pebble TZ203082	Zinc Air IEC PR44 (675) Ou LR44/A76 Alcalina	120 hrs de uso contínuo

Mica2	2 pilhas AA	aprox. 450 recepções e 18 transmissões
MicaZ	2 pilhas AA	aprox. 236 recepções e 45 transmissões

Fonte: Crossbow (2008); Texas Instruments (2009)

Na tabela 2 observa-se que a fonte de energia dos sensores sem fio é uma fonte energética limitada e de baixa capacidade. Assim, dependendo da aplicação, torna-se inviável e até mesmo impossível a troca da bateria. Contudo, os sensores MicaZ e Mica2 possuem baterias que são encontradas mais facilmente. No entanto, não se obteve informações referentes a duração das mesmas.

O tempo de operação padrão dos sensores MicaZ e Mica2 foi estimado baseando-se que, segundo Americanas (2010), a pilha AA possui 2500 mHa, sendo considerado os valores de consumo referentes a taxa de transmissão e recepção dos sensores, os que foram apresentados na tabela 1. Além disso, Otto *et al* (2006) mencionam que a taxa de atividade, ou seja, de transmissão corresponde a 10% do tempo, sendo que então conclui-se que 90% ele passa dormindo. No entanto, como o sensor MicaZ será usado para a fusão e centralização das informações, o seu rádio vai estar ligado em modo de recepção durante a maior parte do tempo. Desta forma, considerou-se que serão realizadas 90% de recepções e 10% de transmissões.

Por fim, as dimensões do sensor são mencionadas na tabela 3.

Tabela 3: Configuração do sensor quanto a dimensão e peso.

Medidas		
Nome	Dimensões	Peso
SensiumTM Life Pebble TZ203082	50mm de diâmetro x 13 milímetros de espessura	
Mica2	58mm de comprimento x 32mm de largura x 7mm de altura (sem a bateria)	18 gramas
MicaZ	58mm de comprimento x 32mm de largura x 7mm de altura (sem a bateria)	18 gramas

Fonte: Crossbow (2008); Texas Instruments (2009)

Na tabela 3 observa-se que os sensores apresentados são leves e pequenos, não existindo muitas diferenças entre eles quanto a estes quesitos. Contudo, todos possuem uma fonte de energia com pouca capacidade energética, como visto na tabela 2.

De acordo com Crossbow (2008), o nó sensor MicaZ pode ser utilizado como estação base, onde os dados dos demais sensores da rede serão agregados, visto que ele possui um rádio com uma capacidade maior de transmissão.

3. Gerenciamento de Redes e de Sensores Sem Fio

Segundo Comer (2001), o software de gerência de rede permite monitorar e controlar os componentes da rede, auxiliando os administradores a descobrir e isolar os problemas e suas causas. A monitoração da rede visa “coletar e analisar o estado e o comportamento da configuração e dos componentes da rede”, já “o controle é responsável por alterar parâmetros dos componentes” [Silva 2006, p. 10].

Dessa forma, segundo Ruiz (2003) e Silva (2006), o sistema de gerência da rede possibilita que seja mantida a qualidade do serviço prestado e, através do controle da utilização dos recursos, seja garantida a produtividade da rede.

O sistema de gerência de redes é composto por diversas funções, classificadas pelo modelo *Open Systems Interconnection* (OSI) como: gerenciamento de falhas, gerenciamento de contabilização, gerenciamento de desempenho, gerenciamento de segurança e gerenciamento de configuração [Silva 2006].

Conforme Specialski (2000), o gerenciamento de falhas visa detectar, registrar problemas e oferecer mecanismos que permitam que a rede continue a operar após a ocorrência de falha. Em uma RSSF, falhas não são exceções e tendem a ocorrer frequentemente, sendo esta uma função crítica. De acordo com Ruiz (2003), essa é uma das principais diferenças entre as RSSF e as redes tradicionais. Segundo o autor, dentre os diversos motivos para que ocorra uma falha, a pouca quantidade de energia que os nós sensores possuem é uma das mais importantes, visto que pode gerar interrupção na comunicação, uma vez que o nó sem energia passa a deixar de fazer parte da rede.

O gerenciamento de contabilização estabelece métricas, cotas e limites que podem ser utilizados por funções de outras áreas funcionais, [Ruiz 2003]. De acordo com Specialski (2000) o gerenciamento de contabilização visa atribuir custos e tarifas referentes a utilização dos recursos, bem como controlar os limites de uso dos mesmos.

O gerenciamento de desempenho visa identificar situações que podem causar problemas no funcionamento da rede, monitorando alguns parâmetros como o tempo de resposta, a taxa de transmissão da rede, o estado dos equipamentos e serviços ativos, entre outros [Specialski 2000]. Conforme Ruiz (2003) quanto maior o número de parâmetros gerenciados, maior será o consumo de energia e menor o tempo de vida da rede. Assim, visto que uma rede não pode ser gerenciada de maneira apropriada se não forem definidos parâmetros suficientes, o desafio no gerenciamento de desempenho em uma RSSF está em executar essa tarefa consumindo o mínimo de recursos.

Segundo Specialski (2000), o gerenciamento de segurança busca gerenciar os mecanismos e procedimentos de modo a proporcionar proteção aos recursos da rede. Em uma RSSF as funções de segurança são difíceis de serem oferecidas, devido a comunicação sem fio, recursos limitados, conexões não permanentes [Ruiz 2003]. De acordo com Ruiz (2003), uma RSSF está sujeita a diferentes tipos de ameaças de segurança. Dessa maneira, informações podem ser modificadas, roubadas, perdidas e o serviço pode ser interrompido. Assim, o gerenciamento de segurança deve oferecer integridade, privacidade, autenticidade, confiabilidade e disponibilidade, [Ruiz 2003].

O gerenciamento de configuração busca identificar e monitorar, durante o ciclo de vida do sistema, os componentes de hardware e software que compõem a rede, garantindo que o sistema como um todo tenha sua integridade preservada de acordo com os requisitos estabelecidos [Specialski 2000].

De acordo com Silva (2006), as funções de gerenciamento vão depender da aplicação e da abordagem escolhida para coleta e processamento das informações. Dessa maneira, segundo Ruiz (2003), a arquitetura dos nós sensores e da RSSF depende completamente do propósito da aplicação. Assim, de acordo com Silva (2006), deve-se considerar a escala da rede, propensão a falhas de comunicação e a aplicação em si.

4. Gerenciamento Baseado na Web

De acordo com Ju *et al apud* Silva (2006), o gerenciamento baseado na web tem como base a utilização de navegadores web e do protocolo *HyperText Transfer Protocol* (HTTP) para administrar a rede. Isso facilita o acesso ao sistema de gerenciamento, visto que o mesmo pode ser feito de qualquer lugar com acesso a Internet e a um navegador com suporte a JavaScript [Wolcott *apud* Carvilhe, 2000].

Através de uma interface gráfica desenvolvida para o ambiente web é possível que os administradores da rede tenham relatórios com informações da rede, além de possibilitar o envio de comandos para a mesma [Silva, 2006].

No entanto, para que uma plataforma possa ser desenvolvida, pesquisas de ferramentas similares foram realizadas. Neste sentido, existem outras plataformas web de gerenciamento de redes de sensores sem fio, como a WSN System Management API, a qual se baseia na *European Sensor Network Architecture* (ESNA), que é uma arquitetura para redes de sensores européia, sendo esta realizada por seis países da Europa [Koskela, 2008]. A ESNA está dividida em partes, as quais além de desenvolvimento da arquitetura, demonstra como a mesma pode ser usada para testes de aplicações [Paavola e Leiviskä 2009]. A plataforma WSN System Management API possui uma interface web chamada Easy WSN Visualizer, através da qual se pode visualizar os relatórios e configurar os nós, posicionando os mesmo em um mapa do ambiente no qual os sensores estão dispostos. Há também a plataforma Wireless Sensor network Platform (WISnP), que é uma plataforma web comercial para gerenciamento e visualização de dados para acesso a redes de sensores sem fio Heneisis. Dentre as características desta plataforma, destacam-se: não necessita instalação de software; estrutura dinâmica; possibilidade de upload de mapas e imagens para localização manual de algum nó (as redes são geolocalizadas automaticamente através do GPS); os dados atuais e passados estão disponíveis para relatórios, análise online ou download; autenticação de usuários e níveis de acesso por grupos; utiliza MySQL para armazenameto dos dados; suporta os navegadores Firefox 7, Safari 3, Internet Explorer 7 ou superiores, Chrome 1 desde que tenha o javascript habilitado; permite download dos relatórios no formato xls; usa os mapas do Google Maps [Heneisis 2009].

4.1. Especificação da Plataforma

De acordo com o texto supracitado, a aplicação proposta será desenvolvida para o ambiente web, de modo que o gerenciamento possa ser realizado remotamente.

Além disso, conforme a análise das plataformas estudadas, a aplicação será composta por diversas funções, sendo que as mesmas estão restritas ao gerenciamento de falhas, configuração e contabilização. Dentre as principais funcionalidades, constam:

- monitoramento do ambiente: será feita a coleta dos dados do ambiente e enviado para o servidor o resultado das leituras que estiverem acima ou abaixo dos parâmetros definidos como normais;
- configuração da rede: apresentará dados sobre o número de nós que compõem a rede, bem como as características dos nós, possibilitando a reconfiguração da rede caso algum nó já não esteja mais disponível;

- mapa de energia: indicará o nível de energia de cada nó;
- gerenciamento de tarefas dos nós: onde será configurado o tempo de coleta e transmissão dos dados.

Em relação às outras plataformas existentes, a plataforma proposta tem como diferencial tentar prolongar a vida útil dos nós sensores através da implementação de técnicas encontradas durante a pesquisa bibliográfica. Além disso, pretende-se deixar a interface de gerenciamento e visualização amigável, permitindo uma análise simplificada dos relatórios e informações sobre os nós sensores e da rede como um todo.

Assim, para a aplicação dos conceitos propostos, será desenvolvida uma plataforma web para gerenciar uma RSSF e uma ferramenta para gerar as fontes, simulando os dados gerados pelos nós sensores. Isso será feito, pois se trata de um projeto de conclusão de curso não existindo capital disponível para a aquisição dos sensores. Contudo, os parâmetros mencionados nas tabelas da seção 2 serão considerados, de modo que a plataforma implementada seja condizente com a realidade.

Para o desenvolvimento da plataforma proposta serão utilizadas a linguagem *HyperText Markup Language* (HTML) para a estruturação do conteúdo, *Cascading Style Sheets* (CSS) para a formatação do conteúdo, a linguagem JavaScript para execução de scripts no navegador, e a linguagem PHP para execução de scripts no servidor onde a plataforma desenvolvida será hospedada, além do banco de dados MySQL para o armazenamento dos dados.

Optou-se pelas linguagens supracitadas por serem voltadas ao desenvolvimento web, sendo que nenhuma é proprietária e os códigos HTML e CSS seguirão o padrão definido pela *World Wide Web Consortium* (W3C), sendo o padrão XHTML 1.1 para o HTML e o padrão CSS Nível 2.1 para as CSS, o que irá garantir que a interface seja acessível pelo maior número de navegadores, inclusive de aparelhos móveis, desde que os mesmos estejam atualizados e suportem os padrões definidos pelo W3C.

Como mencionado acima, os dados dos nós sensores serão gerados de forma simulada. Assim a plataforma proposta não exige uma linguagem específica para a programação dos nós sensores. Contudo o simulador terá as seguintes funções: gerar os dados; simular a operação do nó centralizador; simular a operação do Access Point/Gateway; fornecer para o servidor os dados coletados.

Já o ambiente da plataforma será formado por um servidor Web Apache, um cliente, um Access Point/Gateway, um nó centralizador e os nós sensores.

Assim, o servidor Web Apache deverá ter suporte a *Hypertext Preprocessor* (PHP), onde serão hospedados e processados os códigos fonte da plataforma. O cliente servirá para acesso a interface de gerenciamento, podendo ser um computador ou um celular que possua acesso a Internet e um browser com suporte a JavaScript e CSS. O Access Point/Gateway fará a comunicação entre o servidor e o nó centralizador, sendo que este pode ser um celular ou um computador. O nó centralizador será responsável por receber os dados coletados por todos os sensores da rede e transmiti-los para o Access Point/Gateway e também de receber as requisições e comandos transmitidos do gerenciador para a rede de sensores. Para esse trabalho, o nó centralizador será o MicaZ, pois como visto na seção 2, este sensor pode ser utilizado como estação base para a

agregação dos dados coletados pelos demais nós. Quanto aos nós sensores, estes ainda não foram definidos. No entanto, estes devem possuir um protocolo e meio de comunicação compatível com o nó centralizador, que no nosso caso é o MicaZ.

Desta forma, a figura 1 ilustra o cenário em que poderia ser aplicada essa plataforma.

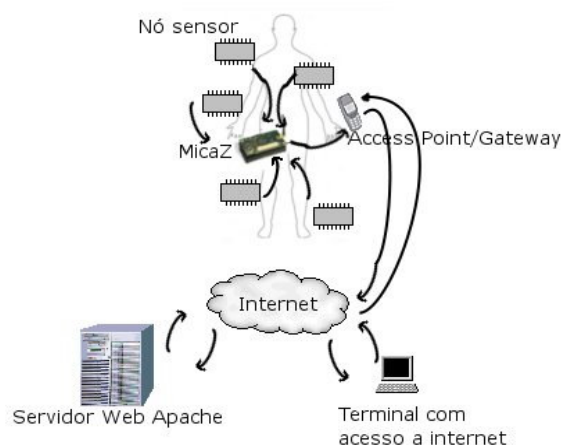


Figura 1. Rede de Sensores Sem Fio

Os dados serão coletados pelos sensores com a frequência definida nas regras de gerenciamento, baseando-se na taxa de inovação e nas características do evento/fenômeno que está sendo monitorado. Os mesmos serão enviados para um gateway e de acordo com as regras estabelecidas, serão transmitidos via Internet (conexão GPRS/3G/Wi-fi) para o servidor, onde será armazenado num banco de dados MySQL. A partir dos dados serão gerados relatórios sobre o estado da rede e dos nós sensores. Além disso, possíveis mensagens de alertas para o gerente da rede serão emitidas.

Através da interface web, além de se ter acesso aos relatórios, o gerente poderá realizar alterações nas configurações da rede (como por exemplo: configurar o tempo de sleep de algum nó ou tempo entre uma coleta e outra).

Na figura 2 é ilustrada a página inicial do gerenciador. Esta é composta por um menu para acesso as opções de relatórios e configurações, além do link início que retorna a página inicial, a qual contempla algumas informações sobre o status da rede.



Figura 2. Protótipo da página inicial do gerenciador.

Na figura 2 podem-se visualizar algumas informações importantes sobre a rede gerenciada, como por exemplo, uma tabela com os últimos eventos reportados da rede (onde poderá constar alertas de falha na comunicação, nível de energia crítico do nó, entre outros). Estes dados constam na tabela “Últimos Alertas”, ilustrada na figura 2. Ainda na página inicial, a tabela “Informações dos sensores” permite visualizar o nível de energia dos nós da rede e o status (online, sleep, offline) dos mesmos.

Assim, o simulador será composto por:

- um módulo para adicionar os sensores (onde o usuário informa os dados do sensor e a quantidade desejada);
- um módulo que simulará uma rede em funcionamento (simulando as funções de leitura, transmissão, recepção dos dados), de onde serão obtidos os dados que alimentarão a base de dados do gerenciador, para que sejam executadas as funções de gerenciamento;
- um módulo de relatórios e configurações de alarme.

5. Conclusões

Como visto os sensores sem fio possuem recursos energéticos limitados, e sem um gerenciamento adequado, o tempo de vida de uma RSSF fica comprometido, visto que através do gerenciamento da rede têm-se políticas para o uso consciente e eficaz dos recursos, possibilitando um aumento no tempo de vida da rede.

Dessa maneira, o trabalho que se encontra em fase inicial, visa o desenvolvimento de um protótipo de uma plataforma web para gerenciamento de RSSFs. Contudo, esta pesquisa teve o objetivo de apresentar uma visão geral sobre o gerenciamento de uma RSSF, possibilitando a definição de alguns aspectos da plataforma que se pretende desenvolver, e permitindo a identificação dos parâmetros e características dos sensores. Assim foi possível a definição da composição da básica da estrutura da plataforma, definindo inclusive o modelo do nó centralizador. Contudo, os relatórios e alertas que a plataforma disponibilizará ainda não foram definidos.

Dessa maneira com a evolução do trabalho, novos recursos podem ser acoplados a plataforma proposta.

6. Referências

- Akyildiz, Ian F.; Melodia, T.; “Chowdhury, Owdhury, Kaushik R. A survey on wireless multimedia sensor networks”. Computer Networks (Elsevier), vol. 51 (2001) 921-960, 2007. Disponível: <http://www.eng.buffalo.edu/~tmelodia/>. Acesso em: 16/03/2010
- “Americanas”. 2010. Disponível em: <http://www.americanas.com.br/AcomProd/6872/285179> . Acesso em: 20/06/ 2010
- Carvilhe, José Luís Vieira. “Gerência via Web. 2000”. Disponível em: <http://www.batebyte.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1746>. Acesso em 16/05/ 2010
- Castilho, Marzon Pereira de. “Projeto de Protocolos considerando as características não lineares das baterias em Redes de Sensores Sem Fio”. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- Comer, Douglas E. “Redes de Computadores e Internet”. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- Crossbow. “MicaZ Datasheet”. 2008. Disponível em: http://www.xbow.com/Products/Product_pdf_files/Wireless_pdf/MICAz_Datasheet.pdf. Acesso em 16/05/ 2010
- Henesis. 2009 “Product Description”. Disponível em: <http://www.henesis.eu/pdf/WISNP-datasheet.pdf>. Acesso 16/05/ 2010
- Henriques, Felipe R.; Lovisolo, Lisandro; R., Marcelo G.. “Algoritmos para Aumentar o Tempo de Vida de Redes de Sensores Sem Fio Utilizando Inovação”. XXVII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações – SBrT, 2009, Blumenau, SC, 2009
- Jovanov, Emil; Milenkovic, Aleksandar; Otto, Chris; Groen, Piet C de. A wireless body area network of inteligente motion sensors for computer assisted physical rehabilitation. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 2005. Disponível em: <http://www.jneuroengrehab.com/content/2/1/6>.
- Koskela, 2008. “WSN System Management API”. Disponível em: <http://www.sics.se/esna/>. Acesso em 16/05/ 2010
- Loureiro, Antonio A.F.; Nogueira, José M. S.; Ruiz, Linnyer B.; Mini, Raquel A. F.; Nakamura, Eduardo F.; Figueiredo, Carlos M. S. “Redes de Sensores Sem Fio”. In: XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores; 2003 Natal.
- Otto, Chris; Milenković, Aleksandar; Sanders, Corey; Jovanov, Emil. System Architecture of a Wireless Body Area Sensor Network for ubiquitous health monitoring. Journal of Móbile Multimedia, Vol. 1, No. 4 (2006).
- Ruiz, Linnyer Beatrys. MANNA: “A Management Architecture for Wireless Sensor Network”. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, 2003.

- Sene Jr, Iwens; Barbosa, Talles M. G; Rocha, A. F.; Nascimento, F. A. O.; Carvalho, H. S. “Monitoração da Temperatura Corporal Baseada em uma Rede de Sensores Sem Fios”. XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2006
- Silva, Fabrício Aguiar. “Avaliação de abordagens de gerenciamento para redes de sensores sem fio”. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- Specialski, Elizabeth. “Gerenciamento de Redes em Sistemas Abertos”. LISHA – Laboratório de Integração de Software e Hardware, Departamento de Informática e de Estatística, UFSC b
- Teixeira, Ingrid. “Roteamento com balanceamento de consumo de energia para Rede de Sensores Sem Fio”. Tese (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- Texas Instruments. “Ultralow Power Transceiver and Smart Sensor Interface Platform”. 2009. Richard McPartland (enviado por email) <richard.mcpartland@toumaz.com >. 18/05/ 2010