

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**Aplicação sem fio para gerência de estação  
de rede sensor aquática  
Estudo de caso projeto HydroNode**

**Augusto Geara Cardão Povoleri**

JUIZ DE FORA  
JULHO, 2014

**Aplicação sem fio para gerência de estação  
de rede sensor aquática  
Estudo de caso projeto HydroNode**

**AUGUSTO GEARA CARDÃO POVOLERI**

Universidade Federal de Juiz de Fora  
Instituto de Ciências Exatas  
Departamento de Ciência da Computação  
Bacharelado em Ciência da Computação

Orientador: ALEX BORGES VIEIRA

JUIZ DE FORA

JULHO, 2014

APLICAÇÃO SEM FIO PARA GERÊNCIA DE ESTAÇÃO DE REDE  
SENSOR AQUÁTICA

Estudo de caso projeto HydroNode

Augusto Geara Cardão Povoleri

MONOGRAFIA SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, COMO PARTE INTEGRANTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO.

Aprovada por:

ALEX BORGES VIEIRA  
Doutor

Luciano Jerez Chaves  
Mestre

Francisco Henrique Cerdeira Ferreira  
Mestre

JUIZ DE FORA  
15 DE JULHO, 2014

*Aos meus amigos e irmãos.*

*Aos pais, pelo apoio e carinho.*

## Resumo

A pesquisa de redes de sensores aquáticos (RSAs) continua ganhando atenção devido às aplicações em vários cenários ambientais, tais como preservação do ecossistema, prevenção de desastres ambientais, exploração de petróleo e gás e monitoramento de reservatórios de água doce. Os principais elementos de uma RSA são os nós sensores aquáticos (NSAs). Considerando o HydroNode, um NSA de baixo custo e consumo de energia, com suporte a diversos tipos de sensores, a capacidade de comunicação com outra entidade a fim de tratar os dados referentes aos nodos da RSA, é uma funcionalidade essencial que deve ser levada em consideração.

O projeto HydroNode no atual estado da arte apresenta a comunicação do controlador da RSA com um software PC via cabo serial, no entanto, este trabalho apresenta um protótipo de software para dispositivos móveis inicialmente para a plataforma Android, como opção de versatilidade, ao prover a comunicação via *bluetooth* de um celular ou tablet com o controlador. Utilizando das ferramentas disponíveis e distribuídas, mostraremos como a arquitetura pode ser organizada a fim de oferecer o serviço e garantir a comunicação com a RSA.

**Palavras-chave:** Rede de Sensores Aquáticas, comunicação, *bluetooth*, sensoreamento.

## Agradecimentos

Aos meus pais e irmãos, pelo encorajamento e apoio. Pais que me educaram e me deram oportunidade de aprender sobre a vida, diante dificuldades e momentos bons. Irmãos, que me incentivaram seguir a caminhada do sucesso, e estiveram sempre presentes durante todo percurso.

Aos professores Alex Vieira e Eduardo Pagani pela orientação, amizade e principalmente, pela paciência, disponibilidade e colaboração, sem a qual este trabalho não se realizaria.

Aos professores do Departamento de Ciência da Computação pelos conhecimentos disseminados e ensinamentos, e a todos os funcionários do departamento, que durante esses anos, contribuíram de algum modo para o nosso enriquecimento pessoal e profissional.

*“Eu não tenho ídolos. Tenho admiração por trabalho, dedicação e competência”.*

*Ayrton Senna*

# Sumário

<b>Lista de Figuras</b>	<b>6</b>
<b>Lista de Abreviações</b>	<b>7</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>8</b>
1.1 Contextualização . . . . .	8
1.2 Justificativa . . . . .	9
1.3 Objetivos . . . . .	10
1.4 Organização do trabalho . . . . .	11
<b>2 Referencial Teórico</b>	<b>12</b>
2.1 Rede de sensores . . . . .	12
2.2 Rede de sensores aquáticos . . . . .	13
2.3 Bluetooth . . . . .	14
<b>3 Trabalhos Relacionados</b>	<b>15</b>
<b>4 Desenvolvimento</b>	<b>17</b>
4.1 Arquitetura . . . . .	17
4.2 Unidade de Comunicação . . . . .	22
<b>5 Resultados alcançados</b>	<b>26</b>
<b>6 Conclusões e trabalhos futuros</b>	<b>28</b>

## Lista de Figuras

4.1	Proposta de extensão da arquitetura existente . . . . .	17
4.2	Componentes projeto HydroNode . . . . .	18
4.3	Diagrama de composição dos módulos participantes no aplicativo proposto	19
4.4	Diagrama de sequência da rotina de coleta de dados de tempo real . . . . .	23
4.5	Estrutura da mensagem de dados a ser enviada pela MnB . . . . .	24
4.6	Estrutura da mensagem de confirmação . . . . .	24
5.1	Dispositivos ativos aguardando solicitação de pareamento . . . . .	26
5.2	Exibição dos valores recebidos ao longo do tempo pelo protótipo da sonda HydroNode . . . . .	27

## Lista de Abreviações

DCC Departamento de Ciência da Computação

UFJF Universidade Federal de Juiz de Fora

RSA Rede de sensores aquática

RSSF Rede de sensores sem fio

NFC Near Field Communication

NSA Nós Sensores Aquáticos

# 1 Introdução

O estudo de ambientes aquáticos tem sendo foco de atenção de muitos pesquisadores, devido o grande volume de água, concentrada em rios, mares e oceanos. O estudo desses ambientes é importante considerando a diversidade de vida presentes nestes ambientes, mas apresenta algumas dificuldades por ser um ambiente muitas vezes de difícil acesso.

O monitoramento de ambientes aquáticos possui diversas aplicações nas áreas mapeamento e controle ambiental. Podemos ver estas abordagens como aplicáveis a um grande número de aplicações incluindo monitoramento sísmico, monitoramento e controle de reservas de petróleo, controle da qualidade da água e exploração e monitoramento de campos de gás, óleo e petróleo [20].

## 1.1 Contextualização

O grande avanço tecnológico das últimas décadas nas áreas de sensoriamento, circuitos integrados e comunicação, vem consolidando um paradigma especial de gerência de informações onde o cenário de aplicação deste tem sido o mundo real. Informações advindas de sensores tem considerado essa tecnologia cada vez mais ubíqua. Este novo paradigma, pode ser identificado pelo termo Internet das Coisas (do inglês, *Internet of Things*) [5]. A pervasiva presença de sensores em diversas aplicações do mundo real vem abrindo possibilidades a criação de pesquisa e busca por solução de problemas baseados no controle mais eficaz de informações de contexto do ambiente. O contínuo aparecimento de uma grande variedade de dispositivos dotados de sensores, com diferentes funcionalidades e providos de capacidade de comunicação, permitem que estes, se organizem para troca de informações e tomada de decisões para atingir objetivos específicos.

No planeta Terra, dois terços da superfície é coberta por água, principalmente em mares e oceanos. Esta grande quantidade de água atua diretamente no descontrole do clima global [28]. O Brasil, devido ao seu potencial hídrico, vem buscando fortalecer seu domínio da tecnologia de sensoriamento e os estudos de redes de sensores aquáticas

(RSAs), tipos específicos de Redes de Sensores sem fio (RSSFs), que possuem aplicações diretas possíveis para o meio ambiente, tais como: preservação de ecossistemas, prevenção e monitoração de vazamento de óleo/gás, monitoração de poluição, exploração e gestão de reservatórios de água doce [20].

Existem muitos trabalhos e pesquisas na área de RSAs focadas no desenvolvimento de novas soluções, integração de diferentes tipos de sensores, e protocolos de roteamento [31], ou seja, recursos de hardware e software específicos para coleta e transmissão de dados. No entanto, o volume de trabalhos e publicações relacionadas à obtenção de informações pelas RSAs é muito pequeno devido a especificidade que cada aplicação de RSAs exige.

Baseado nesses conceitos, neste documento serão apresentados trabalhos relacionados no atual estado da arte, um referencial teórico da pesquisa e desenvolvimento envolvendo Redes de Sensores Aquática Hydronode, além de uma proposta de evolução no mecanismo de coleta e gerência dos dados envolvidos neste projeto.

## 1.2 Justificativa

Redes de sensores aquáticos (RSAs) é uma importante área de pesquisa que vem atraindo interesse da comunidade científica e indústria. Oceanos, rios e lagos são fundamentais para a vida em nosso planeta, e o monitoramento desses ambientes é uma tarefa difícil, dispendiosa e requer bastante atenção. Assim, há um grande número de aplicações nas quais as RSAs são importantes, como citado na sessão anterior: a preservação de ecossistemas, prevenção de desastres ambientais, exploração de recursos e gestão de reservatórios de água doce.

Nos últimos anos, o interesse no monitoramento de regiões subaquáticas vem crescendo expressivamente. Países estão utilizando a tecnologia existente e monitoram reservatórios de exploração de petróleo; usinas hidrelétricas, reservatórios de água doce, variáveis do ambiente marinho [9], descobrimento de novas espécies (Chandrasekhar et al, 2006). Sendo assim, o monitoramento das condições aquáticas em determinado contexto, é de extrema importância a fim de levantar informações relevantes do ecossistema.

Uma vez implantada a estrutura necessária, os nodos da rede de sensores pre-

cisam se conectar de alguma forma à plataforma de controle, possibilitando a extração de informações relevantes, tais como temperatura, pressão atmosférica, potencial de hidrogênio (pH), salinidade, além de gráficos, mapas, e outros. Essa camada de abstração, faz-se ainda mais importante devido ao grande volume de dados gerados pelas RSAs.

Os dados adquiridos pela coleta das informações geradas pelos sensores são pertinentes em diversas áreas de pesquisa, inclusive aquelas não relacionadas diretamente a ambientes aquáticos. Porém, sondas aquáticas lidam com dados em sua forma binária, o que pode se tornar um empecilho ao usuário leigo. Então, fica claro a necessidade de criação de uma interface que facilite a manipulação e entendimentos desses dados, ampliando assim a variedade de nichos na qual o uso das RSAs pode ser interessante.

Nota-se hoje no Brasil uma grande necessidade de domínio a tecnologias avançadas para o monitoramento de seus recursos associados a água, já que o país possui um território privilegiado em potencial hídrico, com umas das maiores reservas de água doce do mundo, sendo essas distribuídas entre rios, lagos, manguezais, açudes, entre outros. No Brasil, não há uma tradição de trabalho em redes de sensores aquáticas. Hardware e softwares normalmente são importados e então, há uma grande dependência em relação a um conjunto muito restrito de indústrias e fornecedores internacionais. Portanto o desenvolvimento de tecnologia brasileira de RSAs contribui no âmbito econômico, reduzindo custos e gerando riquezas, contribuindo para a preservação ambiental e socialmente ao gerar conhecimento de nossos ambientes aquáticos.

## 1.3 Objetivos

O trabalho proposto tem como objetivo a criação de um aplicativo para *smartphones* e *tablets* capaz de controlar e gerenciar a sonda HydroNode [33]. O aplicativo proposto busca integrar tecnologias para realizar a apresentação e o manuseio das informações extraídas da rede de sensores aquáticos HydroNode, de forma a utilizar a tecnologia *Bluetooth* para a realização da comunicação com o elemento controlador da rede.

Este trabalho, visa o desenvolvimento do projeto HydroNode, bem como o desenvolvimento tecnológico brasileiro para plataformas de monitoramento de sistemas aquáticos. Esta tecnologia, compete com tecnologias similares desenvolvidas em países, como Ale-

manha, Japão ou EUA.

Nesse projeto, serão desenvolvidos mecanismos de envio e recebimento de mensagens à um protótipo, simulando as funções reais da sonda. O resultado desta troca de mensagens será representada em forma de gráfico contendo os valores recebidos pelo aplicativo em função do tempo. Neste trabalho, serão elaborados a camada de comunicação e de apresentação do *software* proposto.

## 1.4 Organização do trabalho

No capítulo dois, é apresentado o referencial teórico considerado importante para a realização do projeto. O conteúdo apresentado esclarece os conceitos de rede de sensores e rede de sensores aquáticos, fazendo também um apanhado sobre a tecnologia *Bluetooth* que será utilizada no projeto.

No terceiro capítulo, são apresentados os trabalhos relacionados a redes de sensores aquáticos HydroNode, bem como os projetos que foram utilizados como referência na realização do trabalho proposto.

No quarto capítulo, segue uma descrição básica sobre os conceitos de rede de sensores, rede de sensores aquáticos e *bluetooth*, para que seja apresentado o conteúdo necessário para o entendimento das tecnologias utilizadas no decorrer do processo.

Após a definição das tecnologias utilizadas, é apresentado a arquitetura expansível utilizada pelo sistema, e como estão estruturados os módulos do HydroNode. Em seguida, apresentamos uma detalhada sessão contendo a unidade de comunicação e os padrões de mensagens enviados pela sonda HydroNode. Os resultados esperados são apresentados em forma de *screenshots*.

## 2 Referencial Teórico

Durante as duas últimas décadas, pesquisa em preservação de ambientes aquáticos tem atraído a atenção da comunidade científica. A importância da água, sendo essencial para vida, tem estimulado o interesse em avanços de técnicas de mapeamento, monitoramento e vigilância [30]. Nesta sessão, descrevemos o estado da arte e o trabalhos de interesse, relacionados ao tema proposto.

### 2.1 Rede de sensores

Segundo [29], uma rede de sensores pode ser caracterizada por possuir três características importantes: o sensor, o observador e o fenômeno, os quais estão definidos a seguir.

O sensor é o dispositivo que implementa a monitoração física de um fenômeno ambiental e gera relatórios de medidas (através de comunicação sem fio). Um sensor produz uma resposta mensurável a mudanças em condições físicas, tais como temperatura, campo magnético e luz [25]. Os dispositivos de detecção, geralmente, têm características físicas e teóricas diferentes.

O observador é o usuário final interessado em obter informações disseminadas pela rede de sensores em relação a um fenômeno. O observador pode indicar interesse (ou consultas) para a rede e receber respostas destas consultas. Podem existir múltiplos observadores numa rede de sensores.

O fenômeno é a entidade de interesse do observador, que está sendo monitorada e cuja informação potencialmente será analisada/filtrada pela rede de sensores. Múltiplos fenômenos podem ser observados concorrentemente na mesma rede.

Segundo [20], redes de sensores tem a promessa de revolucionar muitas áreas da ciência, indústria, e governo. A habilidade de ter pequenos dispositivos fisicamente distribuídos próximos de objetos sendo sensoriados trás novas oportunidades para observar e agir no mundo, por exemplo com monitoramento de micro-habitats, monitoramento estrutural e espacial, e em ambientes industriais. Enquanto o uso de redes de sensores

está começando a ser difundido, a utilização em ambientes aquáticos ainda tem sido limitada.

## 2.2 Rede de sensores aquáticos

Rede de sensores aquáticos são redes de sensores que são destinadas a atuarem em ambientes aquáticos. Ao contrário das redes de sensores terrestres, o uso de comunicação via rádio não pode ser aplicável em redes aquáticas. Devido sua dificuldade de propagação em meio aquoso, as ondas eletromagnéticas de alta frequência são rapidamente absorvidas pela água. Portanto outro meio de comunicação tem de ser utilizado. Uma alternativa seria a comunicação ótica, porém a luz tem alcance pequeno, por volta de 10 metros quando imersa em meio aquoso. Sendo assim, a solução é a utilização do canal acústico [8] que pode atingir resultados significantes.

O desenvolvimento de redes de sensores aquáticas possui desafios importantes frente a tecnologia atualmente existente. Ondas eletromagnéticas não se propagam por longas distâncias na água. Dessa forma, presentes no estado da arte, os projetos atuais utilizam comunicação acústica na água, caracterizada por sofrer uma maior latência na propagação de sinal (a velocidade do som na água é aproximadamente 1500 m/s, cinco ordens de magnitude menor que a velocidade da luz no vácuo), apresentar menor largura de banda, além de uma possível taxa de erros na transmissão destas mensagens. Dentre estas citadas anteriormente, outras também podem dificultar a comunicação e exigir soluções inteligentes para o contorno dos problemas.

Segundo [1], o canal acústico pode ser caracterizado por ser um canal de pequena largura de banda, com desvanecimento multi-caminho, alta atenuação, e alta latência.

De acordo com [26], alguns fatores alteram a velocidade do som na água, como temperatura da água, profundidade em metros e salinidade. A corrente marinha é outro elemento que pode provocar a mobilidade dos nodos sensores [20], tornando a comunicação no meio aquática ainda mais restrita.

## 2.3 Bluetooth

Apesar dos nós da rede de sensores aquáticos comunicarem entre si via canal acústico, quando imerso em água, a comunicação para a realização do processo de configuração pode ser realizado via *Bluetooth*, caso o nó possua o adaptador instalado.

*Bluetooth* é um padrão universal de interface de comunicação via rádio que utiliza a banda de frequência de 2.45Ghz que permite que dispositivos eletrônicos portáteis se conectem e se comuniquem sem fio sobre uma distância limitada. Cada unidade pode comunicar-se com varias outras unidades criando uma conexão exclusiva [18].

Atualmente, o *Bluetooth* encontra-se na versão 4.0, também conhecido como *Bluetooth Low Energy* (BLE), e tem sido desenvolvido como uma solução de baixo custo energético para controle e monitoramento de aplicações sem fio [16]. De acordo com [16], BLE é esperado para ser utilizado em 700 milhões de unidades até 2015. Esta disponibilidade em massa, vai dirigir a mudança de como dispositivos se comunicam. Portanto, a tecnologia *Bluetooth* tem sido uma das principais tecnologias para comunicação direta entre dispositivos.

Portanto, baseado neste princípio de comunicação, algumas aplicações para redes de sensores aquática vem surgindo [20], como por exemplo o HydroMobile [24].

### 3 Trabalhos Relacionados

Atualmente no Brasil, existe pouca tecnologia nacional relacionada a gerência de redes de sensores aquáticos. Esta ausência de tecnologia nacional, atrapalha o desenvolvimento de novas tecnologias, portanto é de extrema importância buscar a evolução e o desenvolvimento da mesma. O HydroNode é apresentado a seguir e está contido neste grupo de projetos que representa o estado da arte.

HydroNode é uma plataforma para desenvolvimento de aplicações para redes de nó sensores subaquática de baixo custo [33]. Esta rede chega a ser de 5 a 10 vezes mais barata se comparada com uma rede de sensores aquática comercial, devido a utilização de componentes comerciais ou educacionais. Além disso, possui autonomia de 48 até 150 dias, dependendo da maneira de operação. O HydroNode, tem por objetivo preencher a lacuna da área de rede de sensores subaquáticas, onde não existe uma que seja relativamente pequena, de baixo custo e consumo, capaz de hospedar diversos tipos de sensores e disponível para pesquisa.

Diversas aplicações de controle e gerência das informações relevantes à sonda HydroNode foram desenvolvidas desde o surgimento deste projeto. É o caso do projeto para implementação de um sistema de controle para estação de sensoriamento sem fio aquática [14] e o HydroMobile.

No projeto de implementação de um sistema de controle para estação de sensoriamento sem fio aquática, foi desenvolvido um *software* PC, capaz de realizar a aquisição de dados da sonda HydroNode, entretanto este requer que a comunicação com a sonda seja realizada via cabo serial, limitando a comunicação com apenas um nó sensor.

Explorando a capacidade de comunicação com vários nós sensores do projeto HydroNode, podemos citar a aplicação HydroMobile [24]. Esta, realiza comunicação *bluetooth* com os nós sensores através da plataforma Android [17], resolvendo a limitação espacial para realização da conexão, caso esta fosse realizada via cabo serial. Apesar da remoção da limitação espacial do usuário gerente da rede, o usuário ainda está limitado a possuir um *smartphone* ou *tablet* com sistema operacional Android.

O HydroMobile, utiliza recursos nativos para oferecer a interface com o usuário, além de obtenção de dados dos nós sensores, como temperatura, carga da bateria, quantidade de oxigênio dissolvido na água, dentre outros. Neste, ainda é possível o armazenamento local das informações obtidas de forma que estas podem ser recuperadas posteriormente para melhor análise.

Baseado nas funcionalidades presentes no projeto HydroMobile, a criação de outro aplicativo incrementa tecnologia nacional para gerência de dispositivos em redes de sensores aquáticas, em específico, o HydroNode.

O projeto proposto, apesar de prover as mesmas funcionalidades do projeto HydroMobile, possui como principal diferença a capacidade da aplicação ser expansível e portátil à outras plataformas, capaz de ser realizada apenas com mínimas alterações. A utilização de linguagem web para a camada de apresentação, é uma linguagem de maior domínio por parte dos desenvolvedores, reduzindo os custos de produção.

## 4 Desenvolvimento

### 4.1 Arquitetura

Com o objetivo de ampliar a capacidade de gerência das informações dos controladores e evitar a restrição física de um cabo para a comunicação serial, o sistema proposto utiliza a comunicação via *bluetooth* e suas capacidades[21]. Esta escolha tem como principal objetivo simplificar o processo de configuração para a sonda HydroNode definida em [33]. O Objetivo é permitir estender a arquitetura existente e utilizar de uma topologia sem infraestrutura restrita, ao eliminar a necessidade de comunicação via cabo. Para visualizar melhor a estrutura existente, a topologia pode ser visualizada abaixo na Figura 4.1.

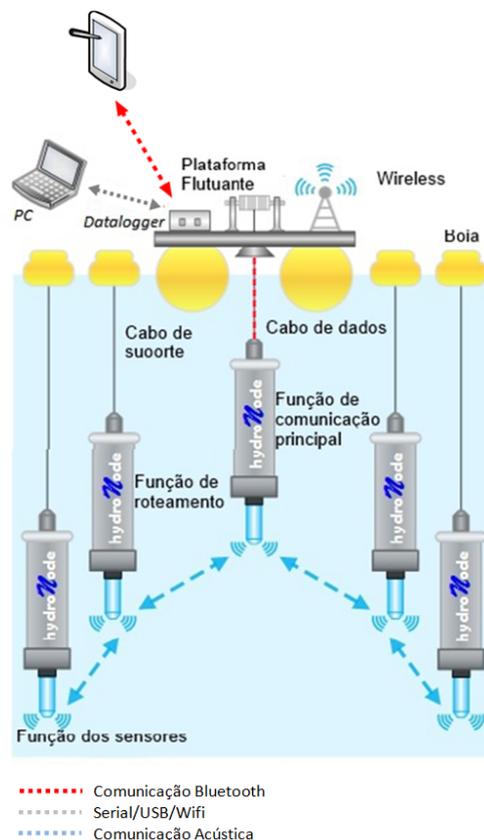


Figura 4.1: Proposta de extensão da arquitetura existente

O HydroNode, responsável pela obtenção real dos dados de sensoriamento, pode ser configurado como sensor, roteador ou porta de entrada. Agindo como um sensor, o HydroNode coleta dados de sensoriamento do ambiente. Os dados são armazenados e

transmitidos por um modem acústico. O roteador recebe os dados transmitidos, encaminha os pacotes para outros roteadores ou para a porta de entrada, o que apresenta custo de transmissão (em termos de distância), e consumo de energia mais baixos. Quando os pacotes de dados chegam na porta de entrada, podem ser armazenados em um registrador permanente ou transmitidos por meio de comunicação sem fio. Neste estudo de caso, os dados armazenados estarão disponíveis no Nodo Sensor e devem ser transmitidas para o cliente através de uma interface de comunicação sem fio. No projeto HydroNode, foi utilizado Wi-fi, enquanto neste projeto vamos utilizar o *bluetooth*.

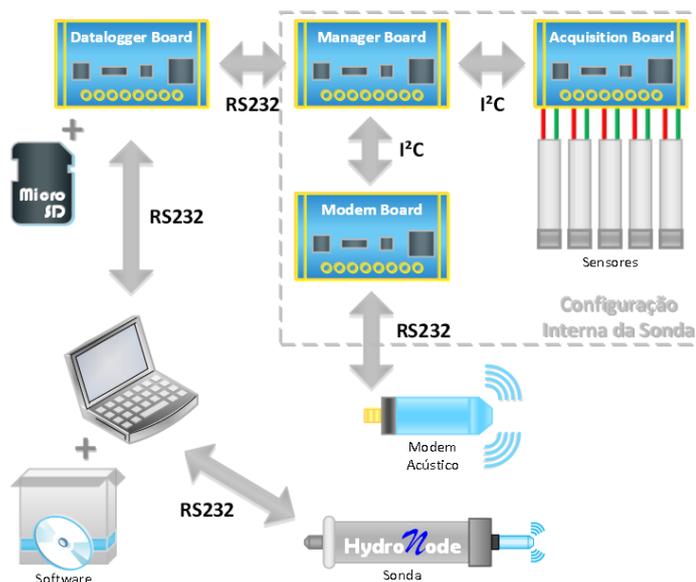


Figura 4.2: Componentes projeto HydroNode

Na Figura 4.2, podemos ver como se relacionam os módulos do projeto HydroNode. O projeto do nó foi subdividido essencialmente em 4 módulos, descritos a seguir:

**Acquisition Board:** Corresponde ao módulo coletor de dados. Nessa placa estão acoplados todos os sensores de monitoramento da qualidade da água;

**Manager Board:** Corresponde ao módulo processador de dados. Além disso essa placa provê a gestão de funcionamento do nó, reunindo e conformando todas as informações oriundas dos outros módulos e coordenando as ações dos mesmos. Através desta placa que é realizado o envio de constantes de calibração dos sensores e da bateria, configuração de RTC (Real-time Clock), controle da EEPROM e configuração dos parâmetros do modem e da rede. Podemos considerar esta a placa mais importante do nó, todos os dados que chegam ou têm que sair da sonda passam por ela;

**Modem Board:** Corresponde ao módulo de comunicação sem fio e serial do nó. E nesta placa se encontra acoplado o modem acústico, responsável pela troca de informação entre os elementos da rede;

**Datalogger Board:** Esse módulo é externo ao nó. A placa fica atrelada ao chamado nó principal da rede, o qual desempenha o papel de ponto de acesso, e armazena todas as informações próprias e dos outros nós no datalogger;

Para incrementar o projeto HydroNode da Figura 4.2, o aplicativo móvel atuaria realizando as funções do computador representado na imagem, sendo o software para dispositivos móveis, o aplicativo final construído. Portanto, para utilização do *bluetooth* como meio de comunicação no dispositivo final, foi necessário a definição de uma arquitetura de software e hardware, capaz de satisfazer os requisitos para realização da comunicação *bluetooth*.

A plataforma sobre a qual a aplicação deve ser executada, está detalhada em um diagrama de composição, e pode ser visualizado na Figura 4.3 abaixo:

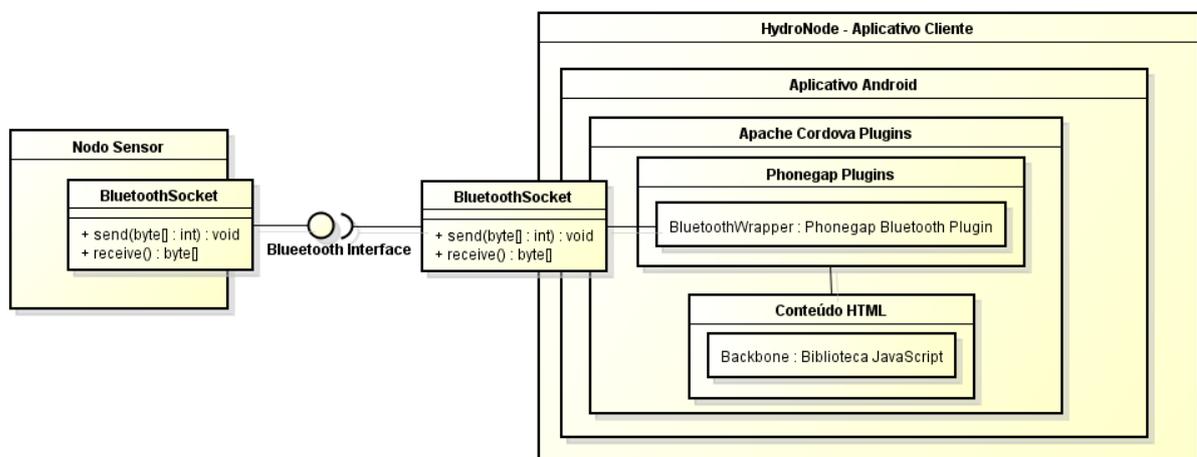


Figura 4.3: Diagrama de composição dos módulos participantes no aplicativo proposto

De acordo com a Figura 4.3, a arquitetura do software a ser construído pode ser dividida em 2 partes: Nodo Sensor e Aplicação Cliente.

O Nodo Sensor (NS), representa o módulo responsável por prover a comunicação via *bluetooth* do HydroNode [33] com o aplicativo cliente proposto. Para o seu funcionamento, é necessário a existência de um adaptador *bluetooth* no módulo controlador. As funções a serem utilizadas, já estão implementadas neste módulo e possuem a funcionalidade de enviar e receber dados sensíveis ao HydroNode.

Como este módulo não estava preparado para a comunicação via *bluetooth* no decorrer do desenvolvimento desta solução, foi criado um aplicativo Android [17] para o envio e recebimento das mensagens, apenas para simular o emissor e receptor de dados. Este canal de envio e recebimento, transmite bytes utilizando *Streams* (*InputStream* e *OutputStream*) e são conectados utilizando *Socket*. A comunicação dos *sockets* está representado pelo conector chamado de *Bluetooth Interface* na Figura 4.3

A segunda parte da arquitetura, definida como Aplicativo Cliente na Figura 4.3, é capaz de obter, tratar, visualizar e enviar dados ao módulo controlador, conhecido como *Data Logger* [33].

A aplicativo cliente também roda sobre a plataforma Android e para que a aquisição de dados fosse possível, foi importado para o sistema, bibliotecas de comunicação e configuração [13, 19] que facilitam o processo de desenvolvimento e envio de mensagens via *bluetooth*. As bibliotecas utilizadas, são baseadas na Linguagem Java e Javascript, de forma que juntas, definem uma estrutura onde é possível o acesso a dados referentes aos sensores e suporte a comunicação *Bluetooth*, *Wifi* e *Near Field Communications* (NFC). As bibliotecas utilizadas no projeto Hydronode Mobile possuem funções que encapsulam envio e recebimento de dados, provendo uma interface amigável para controlar, gerenciar e visualizar informações advindas do software do HydroNode.

O *plugin* utilizado para envio e recebimento de mensagens é um *plugin* do projeto Apache Cordova[12], denominado *BluetoothPlugin*[19], e funciona como encapsulador do processo de comunicação, onde as funcionalidades de envio e recebimento de mensagens via *bluetooth* podem ser acessadas via JavaScript.

O *framework* Apache Cordova<sup>1</sup> provê um conjunto uniforme de bibliotecas JavaScript que podem invocar código nativo específico para diversas plataformas, dentre elas: iOS, Android, Blackberry, Windows Phone, Palm WebOS, Bada, e Symbian [12]. Este, é mantido e disponibilizado pela *Apache Software Foundation (ASF)*[3], e possui uma área pública<sup>2</sup> onde colaboradores e utilizadores podem compartilhar *plugins* protegidos sobre a licença Apache para serem utilizados pelos colaboradores e usuários interessados. Além de invocar código nativo nas diversas plataformas, este permite acesso nativo à sensores

---

<sup>1</sup><http://cordova.apache.org/>

<sup>2</sup><http://plugins.cordova.io>

como *bluetooth*, câmera, acelerômetro, dentre outros.

Segundo [13], todas as funcionalidades da API principal são implementadas como *plugins* e podem ser extensíveis, permitir acesso a funcionalidades como leitura de código de barras, comunicação utilizando NFC, *Bluetooth*, Geolocalização e outros. As API's JavaScript, são consistentes através de múltiplas plataformas, quando executadas em navegadores compatíveis, e foram construídas baseadas em padrões web definidos. Sendo assim, a aplicação pode ser portátil para outras plataformas com mínimas ou nenhuma alteração necessária.

Como o projeto Apache Cordova utiliza uma instância de um navegador como camada de visualização, foi considerada a utilização de um layout responsivo. Portanto, foi utilizado o *framework UI Bootstrap* [10], capaz de apresentar a mesma interface gráfica em diversos dispositivos de tamanhos de tela diferentes, de forma similar, utilizando apenas a linguagem HTML, JavaScript e CSS. Nesta arquitetura, os arquivos relacionados são armazenadas dentro do próprio aplicativo, e não em um servidor http remoto, como é feito normalmente [12].

Ainda na camada de visualização, a fim de definir uma estrutura mais robusta, capaz de facilitar o desenvolvimento da solução, controlar dependências e garantir uma plataforma modular mais concisa, alguns *frameworks* foram considerados.

O RequireJS [15] foi escolhido para criação de um código modular e gestão das dependências. Obter um controle maior e mais simplificado sobre o processo de desenvolvimento, importação de módulos e utilização de outras bibliotecas facilita o desenvolvimento e diminui a complexidade do código a ser construído.

Outro *framework* JavaScript utilizado, foi o *Backbone.js* [4], que também apresenta diversos *plugins* compartilhados pela comunidade<sup>3</sup> [6], que buscam auxiliar o processo de desenvolvimento da camada *front-End*. Dentre os *plugins* importados, está o *plugin Backbone Marionette* [7].

*Marionette* é uma biblioteca JS composta para *Backbone.js*. Seu objetivo é simplificar a construção de aplicações web em larga escala. Este, utiliza JavaScript e é composto por uma coleção de padrões de implementações encontrados nas aplicações web

---

<sup>3</sup><http://backplug.io/>

modernas.

Segundo características do *framework Marionette*, este foi considerado pois reflete as necessidades de alteração modular de *views* e controle de rotas da aplicação proposta. Dentre os benefícios apresentados por esse *plugin*, podemos citar o aspecto da escalabilidade, pois *Backbone* e *Marionette* são construídos baseados em estrutura modular, e ambos são estruturados sobre uma arquitetura orientada a eventos. Ambos *frameworks* apresentam flexibilidade na manipulação das telas de acordo a necessidade do programador, e principalmente contam com a existência de *views* especializadas, que permitem a redução de código fonte necessário para a criação de aplicações [7].

Assim como citado anteriormente, o aplicativo servidor foi criado apenas com propósito de testes e simulação. Para realizar os testes deste, foi escolhido a utilização de uma máquina virtual [34, 23] com o sistema operacional Android. Sendo assim, foi escolhido para virtualização o software Virtual Box [27] e foi utilizada uma imagem Android x86 [22, 11]. Ambas foram executadas e testadas sobre em uma máquina Dell Vostro 3450, Intel(R) Core(TM) i5-2450M CPU @ 2.50GHz, com 6GB de memória, sistema operacional Windows 7 64 bits. A versão da API Android utilizada foi a versão 10 [2], correspondente à versão 2.3.3, conhecida como *Gingerbread*.

## 4.2 Unidade de Comunicação

Para realizar uma comunicação entre as entidades participantes, o protocolo de comunicação tem seu papel fundamental para que as entidades se entendam. Um protocolo de comunicação é composto de um conjunto de regras que devem ser seguidas por todas entidades envolvidas no modelo, de modo que este defina as regras de como a comunicação deve ocorrer. Esse conjunto de regras define como uma entidade conecta-se uma à outra, parametros para calibração dos sensores e modems acústicos, quando enviar ou receber informações e definição de tempo para a ocorrência de eventos, bem como a forma de como se desconectar da rede. Uma vez que todas entidades estão configuradas com os referentes parâmetros e obedece aos padrões pré-estabelecidos, conseguimos assegurar que a comunicação pode ser realizada com sucesso e sem erros.

Sendo assim, um vetor de bytes contendo as informações necessárias é enviado

pele aplicativo cliente e pode ser interpretado pela *Manager Board* (MnB)[33], realizando as tarefas programadas caso padrão seja encontrado. A funcionalidade de leitura de dados dos sensores em tempo real [32], pode ser representado pela Figura 4.4.

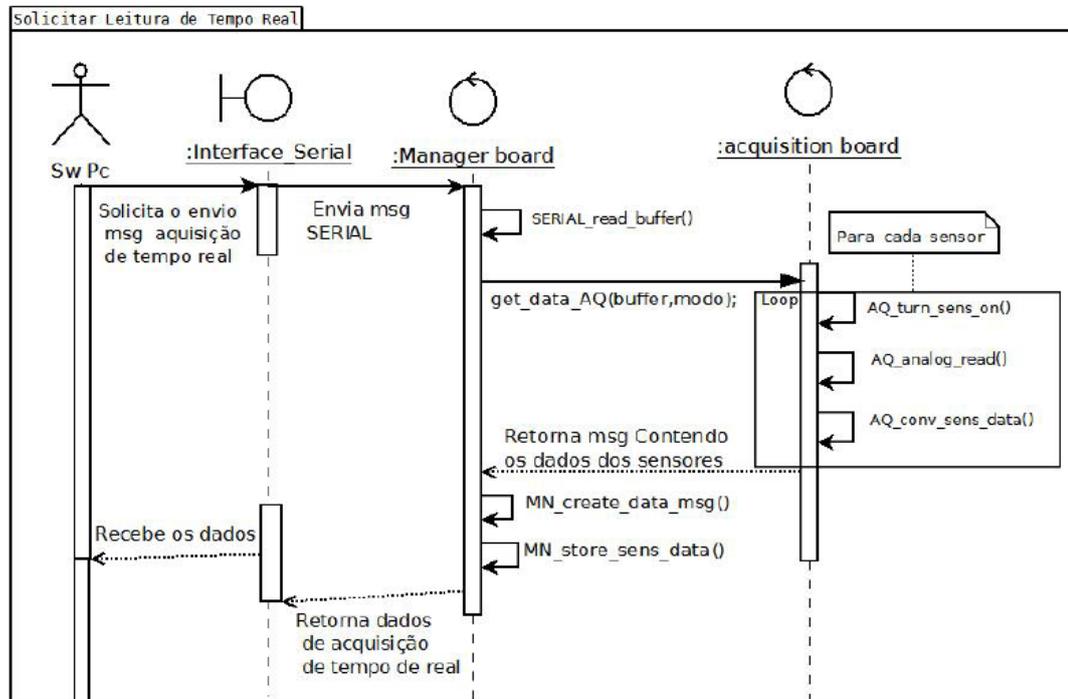


Figura 4.4: Diagrama de sequência da rotina de coleta de dados de tempo real

O diagrama de sequência apresentado na Figura 4.4, mostra como seria caso o módulo de gerenciamento do HydroNode - MnB recebesse uma mensagem do usuário, solicitando o envio de dados de determinados nós por meio de comunicação serial, utilizando um computador pessoal. Este mesmo diagrama segue caso os dados sejam solicitados por meio de comunicação *bluetooth*. Após o recebimento da mensagem a placa desperta do estado de hibernação e solicita os dados dos sensores para a placa de aquisição de dados - *Acquisition Board* (AcB) - que por sua vez, realiza leitura dos sensores e os envia para a MnB. Após a recepção dos dados, a MnB monta um pacote de rede contendo em seu cabeçalho a identificação do nó, marca de tempo e os dados dos sensores. Este pacote é armazenado na memória não-volátil da MnB e enviado ao computador pessoal como resposta à solicitação do usuário. Após o envio do pacote de dados, a MnB entra novamente em estado de hibernação.

Outras mensagens, são esperadas pela MnB, e cada uma deve ser interpretada de acordo com a ação que deve ser executada, e estas diferem uma das outras, de acordo com

a quantidade de bytes recebidos. As funcionalidades possíveis são: habilitar e desabilitar um determinado sensor, atualizar parâmetros de calibração, configurar identificador da sonda, configurar modem acústico da sonda, configurar data e hora, definir intervalo de tempo de aquisição, atualizar parâmetros de medição da carga da bateria, dentre outras.

Quanto às mensagens tratadas pela aplicação *mobile*, dois tipos de mensagens podem ser identificadas: mensagem de dados e mensagem de confirmação.

A mensagem de dados, apresentado na Figura 4.5, é enviada pela sonda contendo os dados dos sensores. Este tipo de mensagem será enviada em caso de aquisição de dados em tempo real. Ela contém o ID do nó que os dados se referem (ID\_NODE); o valor em segundos desde 1 de janeiro de 1970, representado em quatro bytes (DATE\_Bx); um byte que informa quais os sensores cujos dados serão enviados (S\_ENB); os dados dos sensores, em 2 bytes (Sx\_Bx); o status de carga do nó (SOC). A estrutura da mensagem de confirmação, também pode ser representada pela Figura 4.6 logo abaixo.

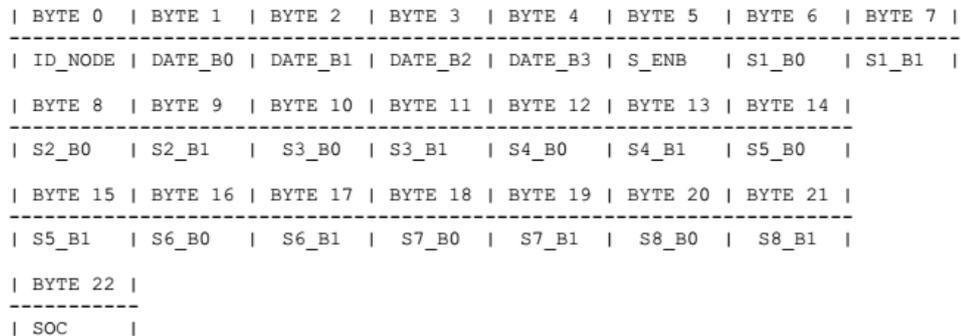


Figura 4.5: Estrutura da mensagem de dados a ser enviada pela MnB

Na Figura 4.5, está representado o vetor de *bytes* enviado pelo Nodo Sensor, e esperado pelo aplicativo cliente, com informações referentes à RSA e suas configurações. Cada conjunto de 2 *bytes* representa um número inteiro de 16 bits.

A mensagem de confirmação, é representada pela Figura 4.6, e tem como objetivo confirmar o recebimento dos dados de configuração enviados pelo aplicativo cliente.

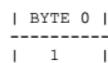


Figura 4.6: Estrutura da mensagem de confirmação

Apesar da MnB possuir estes pacotes de mensagens prontos para serem encapsulados,

---

sulados e enviados à aplicação *mobile*, esta funcionalidade não foi testada durante o desenvolvimento do aplicativo *mobile*, pois o módulo real, que gerência a rede de sensores HydroNode, ainda não possui o adaptador *blueethoth* para prover este tipo de comunicação.

## 5 Resultados alcançados

Neste projeto, foi desenvolvido uma aplicação para controle da sonda HydroNode. Este aplicativo, é destinados à dispositivos móveis, capazes de enviar e receber mensagens via *Bluetooth* quando conectados. O aplicativo apresentado utiliza os padrões web: HTML5, JavaScript e CSS, na camada de apresentação e foi desenvolvido para a plataforma Android.

A seguir, segue algumas capturas de tela do aplicativo construído simulando a conexão com os nós sensores reais da sonda HydroNode.

Na Figura 5.1, podemos ver a listagem dos dispositivos com a interface *Bluetooth* ativa aguardando solicitação de pareamento. O pareamento é realizado quando estabelece-se com sucesso uma conexão via socket entre os dispositivos.

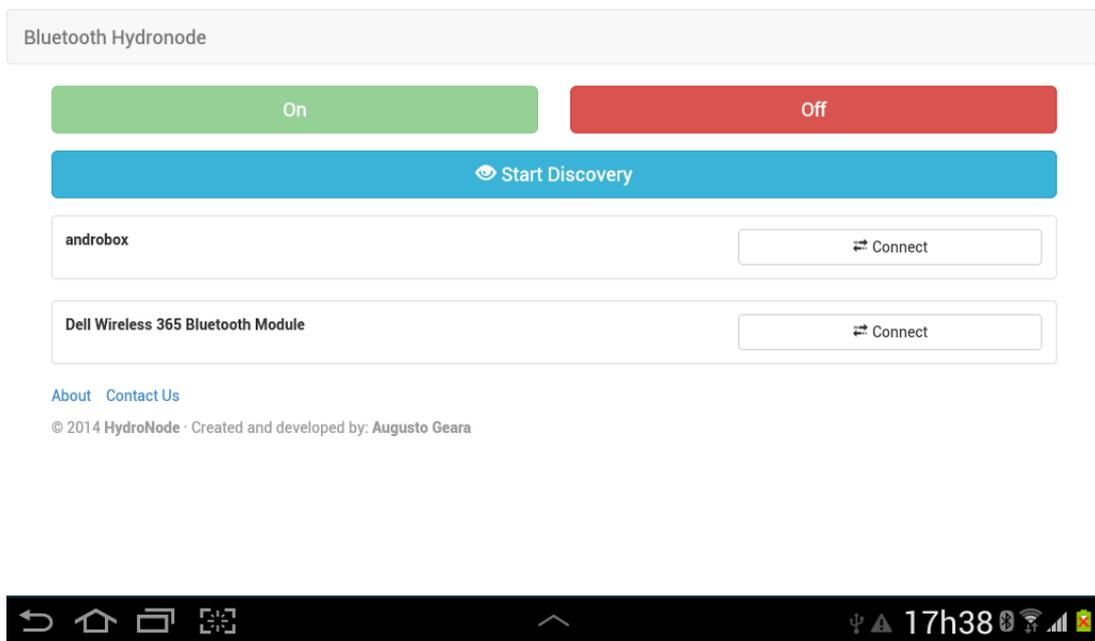


Figura 5.1: Dispositivos ativos aguardando solicitação de pareamento

Após os estabelecimento da conexão, o acesso ao painel de controle pode ser visualizado pelo usuário da aplicação. Este pode ser visualizado na Figura 5.1. A representação dos dados no painel de controle, apresenta uma barra de status referente ao status da conexão via *bluetooth* com o nó sensor, uma região com o conteúdo a ser exibido e ao lado, botões para acesso a outros recursos.

Portanto, para fins de simulação, apenas o envio de números randômicos foi implementado. O envio deste é recebido pelo pelo aplicativo mobile, que exibe estas informações em um gráfico temporal valorado, sendo visualizado na Figura 5.2.

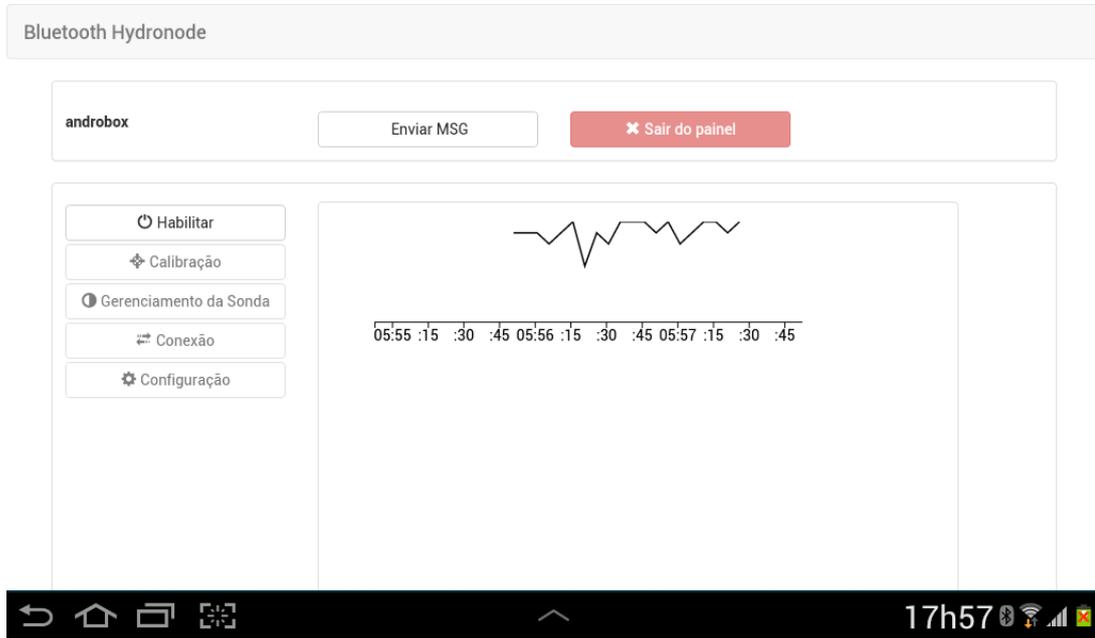


Figura 5.2: Exibição dos valores recebidos ao longo do tempo pelo protótipo da sonda HydroNode

O painel de controle mostrado acima, apenas implementa a gerência da conexão com o módulo controlador, o envio e recebimento de mensagem, e a exibição destes dados.

O software proposto, foi construído utilizando uma arquitetura modular, permitindo este a fácil adaptação e reutilização caso necessário.

O protótipo da sonda HydroNode, criado para simulação da sonda real, foi realizada apenas para fins de simulação. Os dados enviados da sonda HydroNode para o aplicativo, foram recuperados e exibidos em um gráfico simulando os dados reais de um sensor ao longo do tempo.

## 6 Conclusões e trabalhos futuros

O aplicativo desenvolvido para a rede de sensores aquática HydroNode, fornece diversas funções para controle e gerenciamento de sondas aquáticas a fim de facilitar a configuração de suas propriedades e a coleta de dados.

Podemos descrever como benefícios deste projeto a separação física do nodo controlador do software responsável por analisar as informações de contexto obtidas. Esta comunicação, sendo realizada via *bluetooth* oferece uma mobilidade significativa ao gerenciador da rede de sensores HydroNode. Inserido no ambiente no qual ele é aplicado, a aplicação é capaz de se comunicar com uma protótipo da sonda HydroNode sem a utilização de um cabo serial. Sendo assim, os riscos relacionados a permanência do indivíduo no local de análise, são consideravelmente reduzidos se comparados com o modelo anterior descrito em [33].

Consideramos que a instalação do adaptador *Bluetooth* na sonda HydroNode é considerado de extrema importância para completa integração entre o software proposto e a rede de sensores, possibilitando a realização de testes reais de aquisição e envio de dados.

O meio de comunicação *Bluetooth*, apesar de restrito a localidade espacial para controle da sonda, permite grande liberdade ao gerente da sonda HydroNode para controle externo da rede de sensores. Contudo, sua flexibilidade pode alcançar distâncias de 40 metros nas versões mais recentes do protocolo *Bluetooth* [18].

Os trabalhos futuros estão relacionados às melhorias do aplicativo HydroNode Mobile, e instalação do adaptador *Bluetooth* na Manager Board para a real aplicação do aplicativo no ambiente considerado. Dentre as melhorias a serem implementadas no aplicativo, podemos citar a implementações de novas funcionalidades no aplicativo *mobile*, como: configuração dos parâmetros da sonda HydroNode definindo as mensagens a serem enviadas a sonda, definição de um sistema de notificação a ser utilizado caso a rede tenha um comportamento anormal, e extensão do aplicativo para outras plataformas.

## Referências Bibliográficas

- [1] I.F. Akyildiz, Weilian Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci. A survey on sensor networks. *Communications Magazine, IEEE*, 40(8):102 – 114, aug 2002.
- [2] Android. Android sdk level 10. 2012.
- [3] Apache. Apache license, version 2.0 @ONLINE. <http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0.html>, January 2004.
- [4] Jeremy Ashkenas. Backbone.js. [online]. [cit. 2013-12-09].
- [5] Luigi Atzori, Antonio Iera, and Giacomo Morabito. The internet of things: A survey. *Computer Networks*, 54(15):2787 – 2805, 2010.
- [6] BackPlug.io. Backplug.io. 2013.
- [7] Derick Bailey. Backbone marionette.js. [online]. [cit. 2014-06-03].
- [8] DS Ballantine Jr, Robert M White, Stephen J Martin, Antonio J Ricco, ET Zellers, GC Frye, and H Wohltjen. *Acoustic Wave Sensors: Theory, Design, & Physico-Chemical Applications*. Academic press, 1996.
- [9] O. Bondarenko, S. Kininmonth, and M. Kingsford. Underwater sensor networks, oceanography and plankton assemblages. In *Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information, 2007. ISSNIP 2007. 3rd International Conference on*, pages 657–662, Dec 2007.
- [10] Twitter Bootstrap. Bootstrap framework/ mit license. <http://getbootstrap.com/>, 2014.
- [11] Chih-Wei Huang. Androidbox. 2012.
- [12] Apache Cordova. Apache software foundation. <http://cordova.apache.org/>, 2014.
- [13] Apache Cordova. Cordova plugins/ apache license, version 2.0. <http://plugins.cordova.io/>, 2014.
- [14] Bruno Marques Cremonesi. Implementação de um sistema de controle para uma estação de sensoriamento sem fio aquática, 2014.
- [15] The Dojo Foundation. Requirejs/ bsd ou mit license. <http://requirejs.org/>, 2014.
- [16] Carles Gomez, Joaquim Oller, and Josep Paradells. Overview and evaluation of bluetooth low energy: An emerging low-power wireless technology. *Sensors*, 12(9):11734–11753, 2012.
- [17] Google. Android/ apache 2.0 license. <http://www.android.com/>, 2014.
- [18] Jaap Haartsen. Bluetooth-the universal radio interface for ad hoc, wireless connectivity. *Ericsson review*, 3(1):110–117, 1998.

- [19] Taneli Hartikainen. Bluetooth plugin for phonegap version 2.6.0+/ mit license. <http://github.com/tanelih/phonegap-bluetooth-plugin.git/>, 2014.
- [20] J. Heidemann, Wei Ye, J. Wills, A. Syed, and Yuan Li. Research challenges and applications for underwater sensor networking. In *Wireless Communications and Networking Conference, 2006. WCNC 2006. IEEE*, volume 1, pages 228–235, April 2006.
- [21] Raj Jain. Bluetooth and bluetooth smart. 2014.
- [22] Iggy Krajci and Darren Cummings. *Android on x86: An Introduction to Optimizing for Intel Architecture*. Apress, Berkely, CA, USA, 1st edition, 2013.
- [23] Peng Li. Selecting and using virtualization solutions: our experiences with vmware and virtualbox. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 25(3):11–17, 2010.
- [24] Angélica dos Santos Lima and Lucas Bragança Silva. Hydromobile: Comunicação com nós sensores aquáticos utilizando dispositivos móveis, January 2014.
- [25] Seapahn Megerian, Farinaz Koushanfar, Gang Qu, Giacomino Veltri, and Miodrag Potkonjak. Exposure in wireless sensor networks: theory and practical solutions. *Wireless Networks*, 8(5):443–454, 2002.
- [26] Frank J. Millero and Thomas Kubinski. Speed of sound in seawater as a function of temperature and salinity at one atmosphere. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 57(2):312–319, 1975.
- [27] VM Oracle. Virtualbox. *User Manual–2013*, 2013.
- [28] Claudia Pahl-Wostl. Transitions towards adaptive management of water facing climate and global change. *Water Resources Management*, 21(1):49–62, 2007.
- [29] Marluce R Pereira, Cláudio L de Amorim, and Maria Clícia Stelling de Castro. Tutorial sobre redes de sensores. *Cadernos do IME-Série Informática*, 14:39–53, 2013.
- [30] D. Pinto, S.S. Viana, J.A.M. Nacif, L.F.M. Vieira, M.A.M. Vieira, A.B. Vieira, and A.O. Fernandes. Hydronode: A low cost, energy efficient, multi purpose node for underwater sensor networks. In *Local Computer Networks (LCN), 2012 IEEE 37th Conference on*, pages 148–151, Oct 2012.
- [31] D. Pompili and I.F. Akyildiz. Overview of networking protocols for underwater wireless communications. *Communications Magazine, IEEE*, 47(1):97–102, January 2009.
- [32] Sadraque S Viana, Lucas B Silva, Angélica S Lima, Alex B VieiraΨ, Luiz FM Vieira, Marcos AM Vieira, Antônio O Fernandes, and José Augusto M Nacif. Hydronode: Uma rede de sensores aquáticos de baixo custo e consumo.
- [33] Luiz FM Vieira, Marcos AM Vieira, David Pinto, José Augusto M Nacif, Sadraque S Viana, and Alex B Vieira. Hydronode: an underwater sensor node prototype for monitoring hydroelectric reservoirs. In *Proceedings of the Seventh ACM International Conference on Underwater Networks and Systems*, page 43. ACM, 2012.
- [34] Jon Watson. Virtualbox: bits and bytes masquerading as machines. *Linux Journal*, 2008(166):1, 2008.