

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas

**Um Sistema de Gerenciamento de Dados  
Coletados Através de  
Redes de Sensores Sem Fio**

**Cruz das Almas-BA**

**2016**



Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas

**Um Sistema de Gerenciamento de Dados  
Coletados Através de  
Redes de Sensores Sem Fio**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
como parte dos requisitos para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia da Compu-  
tação.

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB  
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas

Orientador: José Valentim dos Santos Filho

Cruz das Almas-BA

2016

*Dedico este trabalho à minha família pelo amor e carinho prestado  
em todos os momentos da minha vida.*

# Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus por me proporcionar tal momento.

A meus familiares por toda dedicação e carinho prestado em todos os momentos da minha vida.

Ao professor José Valentim dos Santos Filho pela orientação, paciência e ajuda que prestou para a criação deste trabalho.

A Ernando Passos, Marcos Bião, Joel Eugênio e Eliabe Silva amigos presentes em todos estes anos de estudo.

A todos os amigos e aqueles que de alguma maneira contribuíram para a obtenção dos meus objetivos.



*“Educação é o nosso passaporte para o futuro, pois o amanhã só pertence ao povo que prepara o hoje. (Malcolm X)*



# Resumo

O uso da tecnologia no processo de obtenção de informações relacionadas a experimentos científicos, na agricultura ou domiciliar está se tornando uma ação comum ultimamente. Neste contexto existem pessoas que necessitam de um controle mais preciso de informações como temperatura, umidade, luminosidade, presença, dentre outros. Tais informações podem ser úteis para controlar a temperatura ideal de um experimento, identificar se um determinada plantação está com a umidade adequada, monitorar a iluminação de um ambiente residencial, ou identificar a presença de um indivíduo no ambiente domiciliar. Outro aspecto importante é o surgimento de novos estudos e tecnologias que utilizam comunicação sem fio para facilitar o apoio a seus usuários. Como exemplo destas tecnologias, temos pesquisas voltadas para as cidades inteligentes, onde utilizando redes de sensores busca-se identificar onde estão ocorrendo congestionamentos, onde deve ocorrer a limpeza na cidade e situações de estacionamento irregular. Aliando estes cenários, este projeto tem por objetivo criar um sistema de gerenciamento de dados coletados através de redes de sensores sem fio. Dentre estes parâmetros podemos destacar temperatura, umidade e luminosidade. Na construção da rede de sensores será utilizado o protocolo de comunicação Zigbee. Tal protocolo especifica um conjunto de regras para a comunicação sem fio e oferece um conjunto de características que facilitaram a sua adoção para o desenvolvimento do projeto em questão. Por fim, pretende-se utilizar o sistema para auxiliar pesquisadores do NEAS (Núcleo de Engenharia de Água e Solo) no processo de coleta de dados dos experimentos científicos realizados na casa de vegetação para identificar a contribuição do sistema proposto.

**Palavras-chave:** Gerenciamento de Dados, Redes de Sensores Sem Fio, Zigbee.



# Abstract

The use of technology in the process of obtaining information related to scientific experiments in agriculture or home is becoming a common action lately. In this context there are people who need more precise control information such as temperature, humidity, luminosity, presence, among others. Such information may be useful to control the optimum temperature of an experiment, to identify whether a particular plantation is with proper humidity, monitor the lighting of a residential environment, or identify the presence of an individual in the home environment. Another important aspect is the emergence of new studies and technologies that use wireless communication to facilitate support for its users. As an example of these technologies, we have researchs for smart cities research for smart cities, where using sensor networks seek to identify where congestion is occurring, which should take place in the city cleaning and irregular parking situations. Combining these scenarios, this project aims to create a data management system collected through wireless sensor networks. Among these parameters we can highlight temperature, humidity and luminosity. In the construction of the sensor network will be used the protocol communication Zigbee. This protocol specifies a set of rules for wireless communication and offers a set of features that facilitate its adoption for the development of the project. Finally, we intend to use the system to help NEAS (Núcleo de Engenharia de Água e Solo) researchers in the data collection process of scientific experiments performed in the greenhouse to identify the contribution of the proposed system.

**Key-words:** Data Management, Sensor Wireless Networks, Zigbee.



# Lista de ilustrações

Figura 1 – Camadas de Procolo de Rede sem Fio Zigbee . . . . .	24
Figura 2 – Topologia Zigbee . . . . .	26
Figura 3 – Primeiro Protótipo de Interface . . . . .	30
Figura 4 – Segundo Protótipo de Interface . . . . .	31
Figura 5 – Modelo Conceitual do Sistema . . . . .	32
Figura 6 – Disposição da Rede de Sensores . . . . .	33
Figura 7 – Nó sensor DIGI . . . . .	33
Figura 8 – Dispositivo Coordenador Conectado a uma CON-USBEE . . . . .	34
Figura 9 – Dispositivo Roteador e seu Circuito de Alimentação . . . . .	35
Figura 10 – Tela inicial do sistema . . . . .	36
Figura 11 – Menu arquivo . . . . .	36
Figura 12 – Menu configuração . . . . .	37
Figura 13 – Menu Ajuda . . . . .	37
Figura 14 – Estufas Monitoradas Através da Rede de Sensores . . . . .	38
Figura 15 – Dispositivo Final Utilizado para o Monitoramento . . . . .	38
Figura 16 – Testes Realizados com o Sistema . . . . .	39
Figura 17 – Diagrama de Caso de Uso . . . . .	46
Figura 18 – Modelagem de Dados . . . . .	47



# Lista de tabelas

Tabela 1 – Requisitos Levantados na Entrevista. . . . .	29
Tabela 2 – Característica do Dispositivo ZB Bat /L/T/H . . . . .	34
Tabela 3 – Característica do Dispositivo Xbee Pro S2 . . . . .	35
Tabela 4 – Dados coletados pelo sistema durante o período de testes . . . . .	39
Tabela 5 – Comparação entre o trabalho proposto e encontrados na literatura . . . . .	40



# Lista de abreviaturas e siglas

FFD	<i>Full Function Device</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Eletronics Engineers</i>
ISM	<i>Industrial Scientific and Medical</i>
NEAS	Núcleo de Engenharia de Água e Solo
RFD	<i>Reduced Function Device</i>
RSSF	Redes de Sensores Sem Fio
SBC	Sociedade Brasileira de Computação



# Lista de símbolos

pH          Potencial Hidrogeniônico



# Sumário

1	<b>INTRODUÇÃO</b>	21
1.1	Objetivo	21
1.2	Objetivo Específico	21
1.3	Justificativa	22
1.4	Metodologia	23
1.5	Estrutura do Trabalho	23
2	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	24
2.1	Redes de Sensores sem Fio	24
2.2	Topologias ZigBee	25
2.3	Trabalhos Relacionados	26
3	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	28
3.1	Requisitos do Sistema	28
3.2	Entrevista	28
3.3	Análise de Dados Obtido na Entrevista	29
3.4	Protótipos para a Interface do Sistema	29
4	<b>SISTEMA PROPOSTO</b>	32
4.1	Apresentação Geral do Sistema	32
4.2	Rede de Sensores	32
4.3	Descrição do Funcionamento do Sistema	35
4.4	Dados Obtidos Através do Sistema	37
4.5	Discussão do Sistema Proposto	39
5	<b>CONCLUSÃO</b>	41
5.1	Conclusão	41
5.2	Trabalhos Futuros	41
	Referências	43
	<b>APÊNDICES</b>	<b>45</b>
	<b>APÊNDICE A – DIAGRAMA DE CASO DE USO</b>	<b>46</b>
	<b>APÊNDICE B – MODELAGEM DE DADOS</b>	<b>47</b>



# 1 Introdução

A comunicação sem fio atualmente tem grande importância para a troca de informação entre pessoas e também por dispositivos eletrônicos. Esta popularização ocorreu basicamente pela evolução da tecnologia empregada e também devido à redução de custos dos equipamentos necessários para este tipo de comunicação.

Apesar das dificuldades enfrentadas por tais redes como interferências eletromagnéticas e ocorrências de redes ocultas, as redes sem fio apresentam um futuro promissor, pois garantem uma maior flexibilidade se comparadas com as redes cabeada (TEIXEIRA, 2008).

No ano de 2003 as RSSF (Redes de Sensores Sem Fio) foram eleitas pela *National Science Foundation* dos Estados Unidos como uma das seis principais áreas de pesquisa em redes. Em 2006 a RSSF foi identificada pela SBC (Sociedade Brasileira de Computação) como um dos principais desafios em computação para o período de 2006-2016. Tais acontecimentos comprovam que sistemas compostos por esta tecnologia apresentam características presentes nas principais tendências de pesquisas da atualidade (CARVALHO, 2012).

É possível encontrar na literatura, diversas aplicações de Redes de Sensores sem Fio. Dentre eles temos um sistema de Monitoramento Ambiental através de Redes de Sensores Sem Fio de Baixo Custo (SILVA; FRUETT, 2013), dentre outros.

Aliando estes cenários, este projeto tem por objetivo criar um software que gerencie o monitoramento de dados obtidos através de redes de sensores sem fio. Dentre os dados monitorados podemos destacar temperatura, umidade e luminosidade.

Para a construção da rede será utilizado o protocolo de comunicação Zigbee, que especifica um conjunto de padrões para a comunicação sem fio entre dispositivos eletrônicos. Este padrão será utilizado devido ao seu baixo custo o que facilita a sua utilização em aplicações de monitoramento.

## 1.1 Objetivo

Desenvolver um software de monitoramento de dados coletados através de redes de sensores sem fio.

## 1.2 Objetivo Específico

Para alcançar o objetivo principal presente neste trabalho, os seguintes objetivos específicos serão adotados:

- Levantar conceitos relacionados às redes de sensores sem fio;
- Realizar um levantamento bibliográfico para encontrar trabalhos relacionados ao proposto neste projeto;
- Envolver o usuário no processo de construção do sistema;
- Realizar uma análise do sistema para validar o objetivo do projeto proposto.

### 1.3 Justificativa

A adoção de comunicação sem fio é cada vez mais comum entre os usuários de dispositivos eletrônicos. Em determinadas situações como monitoramento de casas de vegetação ou áreas que possuam grande extensão, a adoção deste tipo de comunicação pode evitar os problemas relacionados a comunicação feita através de cabos.

Como exemplo é possível citar a dificuldade enfrentadas por pesquisadores do NEAS (Núcleo de Engenharia de Água e Solo) para obter dados das casas de vegetação monitoradas. Para fazer este procedimento, o pesquisador deve se dirigir até o equipamento que realiza o monitoramento conectar o computador e carregar as informações. Tal dificuldade pode ser acentuada ainda mais se considerada a grande quantidade de dados e a frequência de amostragem destas informações.

O emprego de uma rede cabeada, não se mostra adequado uma vez que os cabos deveriam atravessar a rua para encontrar os sensores de monitoramento. Outro fator que dificulta o trabalho destes profissionais é o alto custo da tecnologia envolvida no processo de coleta de dados.

Um sistema que utilize comunicação através da internet não se mostra muito eficiente devido ao grande número de ocorrência de quedas na comunicação ao qual o mesmo está susceptível no contexto empregado.

Portanto uma rede de sensores sem fio consegue eliminar a necessidade de um cabo atravessando a rua como também reduzir o custo do processo utilizado para a obtenção de dados uma vez que a rede de sensores se mostrou mais barata que os equipamentos utilizados atualmente para esta tarefa.

Como protocolo de comunicação da rede optou-se pelo Zigbee devido aos seguintes aspectos:

- Baixo consumo de energia;
- Baixo custo se comparado às tecnologias utilizadas atualmente;
- Pode ser alimentado através de pilhas do tipo AA;

- Permite a implementação em diferentes modelos de rede, o que pode aumentar de maneira significativa o seu raio de alcance;
- Não apresenta problemas relacionados a falta de internet se comparado com dispositivos que utilizam esse mecanismo para comunicação.

## 1.4 Metodologia

A metodologia adotada para o desenvolvimento do trabalho proposto consiste em uma revisão bibliográfica para levantar os principais conceitos de redes de sensores sem fio e trabalhos relacionados ao proposto. Após a revisão, foram realizadas entrevistas com pesquisadores visando entender o funcionamento da coleta de informações relacionadas aos seus experimentos e levantar requisitos para que a utilização do software proposto se tornasse útil neste processo. De posse dos requisitos, foram realizadas criações de protótipos de interface para tornar o sistema mais agradável para o usuário.

Após a etapa de prototipação, iniciou-se a etapa de desenvolvimento do software, que culminou na primeira versão de teste do sistema que foi utilizada para monitoramento de dados no NEAS.

## 1.5 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está organizado em cinco capítulos onde:

- Capítulo um: apresenta a introdução e mostra os objetivos pretendidos pelo trabalho;
- Capítulo dois: trata do referencial bibliográfico, onde os conceitos de redes de sensores sem fio e trabalhos relacionados são abordados;
- Capítulo três: apresenta o desenvolvimento do sistema;
- Capítulo quatro: Descreve as funcionalidades do sistema proposto;
- Capítulo cinco: É realizada a conclusão do trabalho e mostrada as perspectivas de trabalhos futuros.

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 Redes de Sensores sem Fio

Uma rede de sensores é formada por elementos de sensoriamento, processamento computacional e de comunicação que permitem medir, monitorar e reagir a fenômenos de interesse. O fenômeno pode ser classificado como sistemas físicos, químicos ou biológicos (LOPES, 2011).

Tais redes se diferem das utilizadas por computadores normais pois, possuem uma grande quantidade de nós distribuídos, limitação de energia e devem ter a capacidade de autoconfiguração e adaptação, devido às dificuldades relacionadas a falha e perda de nós (LOUREIRO et al., 2003).

O padrão Zigbee surgiu da união entre a Zigbee Alliance e a IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*). Tal padrão especifica um conjunto de regras para a comunicação sem fio entre dispositivos eletrônicos, visando um baixo consumo de energia, baixo custo e infraestrutura reduzida. A Figura 1 exibe as camadas pertencentes a este protocolo.

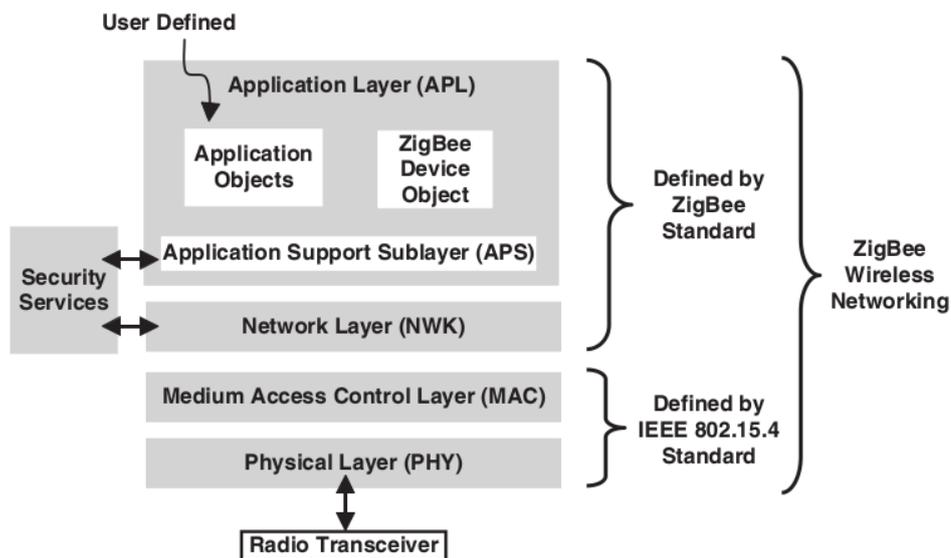


Figura 1 – Camadas de Procolo de Rede sem Fio Zigbee

Fonte: (FARAHANI, 2008)

O padrão Zigbee opera basicamente na faixa não licenciada de 2,4 Ghz (ISM-*Industrial, Scientific and Medical*), também sendo possível observar redes operando na faixa de 868 Mhz na Europa e 915 MHz nos EUA (CARVALHO, 2012).

Em uma RSSF ZigBee, cada dispositivo tem sua função bem estabelecida, para que a rede possa funcionar de maneira satisfatória. Os dispositivos possuem classificações lógicas e físicas. A lógica esta relacionada à função que um determinado dispositivo irá desempenhar na rede, que pode ser: coordenador, roteador ou um dispositivo final. A física está relacionada às características de hardware, sendo os Dispositivos de Funções Completas (FFD – *Full Function Device*) aqueles que possuem maior robustez e um maior consumo de energia sendo mais utilizados como dispositivos coordenadores ou roteadores e os Dispositivos de Funções Reduzidas (RFD- *Reduced Function Device*) os mais simples e de baixa complexidade sendo utilizados como dispositivos finais (TEIXEIRA, 2008).

A seguir são mostrados os dispositivos presentes em uma rede e sua função:

- Coordenadores: Tem a função de inicializar a rede através do reconhecimento de nós, distribuir endereços e manter o funcionamento da rede caso um dos nós parem de funcionar. São implementados através de FFD's;
- Roteadores: Tem a função de encaminhar pacotes através da seleção do caminho. Tais dispositivos possuem a capacidade de aumentar a área de abrangência e alcance da rede, através da amplificação do sinal durante o envio de dados. Também implementados em FFD's;
- Dispositivos Finais: Dispositivos que estão ligados aos sensores que monitoram o fenômeno em questão. Por serem mais simples, podem ser implementados em qualquer dispositivo.

## 2.2 Topologias ZigBee

A formação de uma rede ZigBee é gerenciada pela camada de rede. Esta rede se encaixa em uma das duas topologias especificadas pela IEEE 802.15.4 que podem ser Estrela ou Peer-to-Peer. Na topologia *Star* (Estrela), cada nó da rede pode se comunicar com apenas o coordenador (FARAHANI, 2008).

Na topologia *Peer-to-peer* (Ponto a Ponto), cada dispositivo pertencente a uma mesma rede pode se comunicar entre si. Neste tipo de rede, qualquer dispositivo do tipo FFD pode estabelecer a função de coordenador. A topologia Ponto a ponto pode ser dividida em duas topologias que são a *Mesh* (Malha) e *Tree* (Árvore).

Em uma topologia (Mesh), o coordenador apenas realiza o registro de entrada e saída de dispositivos da rede. Assim a rede se organiza de maneira a otimizar a transferência de dados uma vez que os roteadores têm liberdade para transmitir as informações necessárias.

Na topologia *Tree* tem-se um aglomerado de topologias (*Mesh*) que tem um coordenador como responsável pela rede.

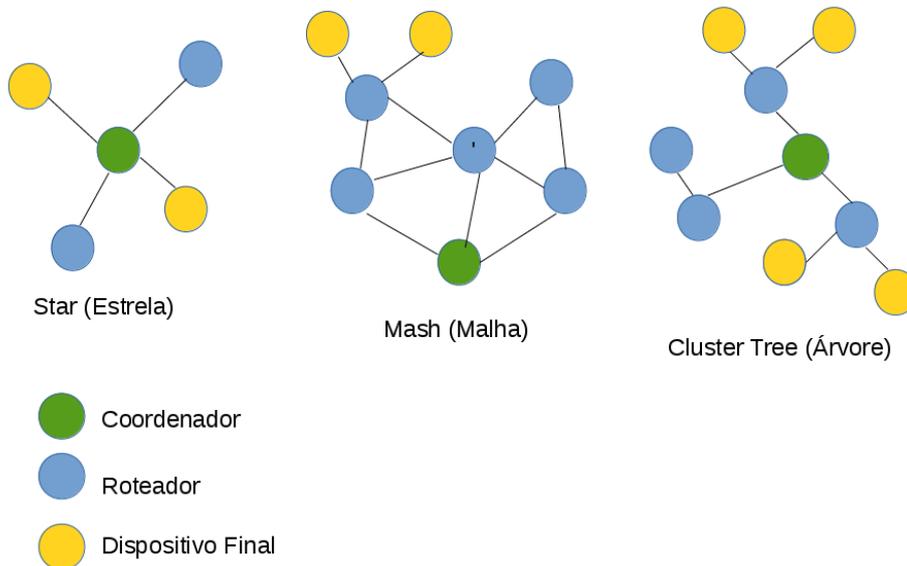


Figura 2 – Topologia Zigbee

Fonte: Elaborada pelo autor

## 2.3 Trabalhos Relacionados

Na pesquisa sobre trabalhos relacionados foram encontradas implementações de sistemas para monitoramento de parâmetros agrícolas semelhantes ao proposto neste trabalho. Dentre eles, citaremos os que mais se assemelham ao trabalho proposto.

[André e Ghini \(2014\)](#) propõe redes de sensores sem fio para o monitoramento e controle de processos agrícolas. O principal objetivo do trabalho proposto por eles é controlar os impactos do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico sobre as plantações. Para isso, o autor realiza um experimento chamado FACE( *Free Air Carbon-dioxide Enrichment*). O grande diferencial é que este experimento utiliza rede de sensores sem fio em sua implementação.

Para [André e Ghini \(2014\)](#), as redes de sensores conseguem acompanhar as mudanças nas medições de forma satisfatória uma vez que ela não oferece tempos de atrasos significativos na comunicação. Além disso, o autor pretende aplicar os circuitos, interfaces e softwares desenvolvidos para um sistema para um sistema de irrigação.

No trabalho citado acima, não fica evidente a forma de funcionamento do software utilizado pelo autor. Ele informa que o funcionamento do software é facilitado por um conjunto de comandos AT, responsáveis pelo funcionamento da rede. Com isso, infere-se

que o sistema é voltado para pessoas com conhecimento mais específico, reduzindo assim a gama de usuários do software.

Outro trabalho que utiliza as RSSF é o proposto por [Teixeira \(2008\)](#). Neste trabalho é empregada uma rede de sensores sem fio para monitorar uma determinada área extraindo informação sobre a temperatura. Neste sistema, a rede de sensores irá enviar os dados para um software que por sua vez o armazenará em um banco de dados. Tais dados poderão ser acessados por um *Web Service*, permitido assim a gerência por celular.

As principais características que este sistema apresenta são: capacidade de envio de mensagem por sms caso a temperatura ultrapasse um valor específico, acesso a sistema de informação através da internet e um sistema de monitoramento remoto desenvolvido para dispositivos móveis que permite a geração de gráfico e relatórios.

[Silva \(2011\)](#) também propõe uma rede de sensores para aplicações diversas. O autor busca diminuir o tempo de desenvolvimento das aplicações que necessitam de monitoramento remoto. Para isso, ele desenvolve um sistema composto de hardware, firmware e software. O software tem como principal função salvar as informações coletadas em um banco de dados.

Na maioria dos trabalhos citados, observa-se maior ênfase na parte da rede de sensores, não ficando evidente a mesma preocupação no desenvolvimento do software, levantamento de requisitos e testes do sistema.

Um diferencial do trabalho proposto é que além de apresentar as características positivas encontradas na utilização da rede de sensores sem fio como as citadas nos trabalhos relacionados, ele também está preocupado em desenvolver um software que tenha o engajamento do público alvo para que a solução possa ser validada de maneira satisfatória.

# 3 Desenvolvimento

## 3.1 Requisitos do Sistema

Iniciando o desenvolvimento da aplicação, foi realizado um levantamento de requisitos, com o objetivo de colher as principais funcionalidades do sistema e também sua melhor forma de execução. A busca foi realizada através de entrevistas a pesquisadores que tem a necessidade de realizar medições de dados como temperatura e umidade na casa de vegetação, e nelas podemos esclarecer o modo de funcionamento do sistema assim como os principais parâmetros a serem coletados.

## 3.2 Entrevista

Foram realizadas entrevistas semiestruturadas com um pesquisador do NEAS intitulado P1 visando o sigilo do participante e deixando claro a utilização das informações para fins acadêmicos. Este pesquisador realiza experimentos na casa de vegetação localizadas na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e necessita de um melhor controle nas informações lidas através dos sensores.

As entrevistas tiveram duração média de 15 (quinze) minutos e nelas foram apresentadas perguntas que são listadas considerando o seu maior grau de importância a seguir.

O software vai medir várias vezes ou apenas uma vez. Quem executa a medição?

- “Dependendo da situação de três a quatro vezes ao dia. O pesquisador realiza a medição”.

Os valores devem ser salvos?

- “Sim. Precisamos dos dados salvos para gerar relatório semanal”.

O Software vai medir apenas um local ou pode medir outros locais?

- “Sim. É possível medir outros locais”.

O software deve salvar as informações e exibir opções de manipulação de dados?

- “O mais interessante seria enviar os dados coletados para uma planilha eletrônica pois ela já oferece os recursos necessários para o tratamento da informação”.

Quais dados devem ser coletados através da rede de sensores sem fio? Temperatura, umidade e luminosidade são importantes?

- “São dados importantes, mais também há a necessidade de coletar informações como pH, condutividade elétrica e outros ”.

### 3.3 Análise de Dados Obtido na Entrevista

As entrevistas trouxeram aspectos que ajudaram a definir proposta de construção do sistema. Observou-se que o entrevistado manifestou interesses em novas tecnologias que pudessem não só facilitar o processo de coleta de dados mais também substituir as tecnologias utilizadas. Tal medida ocasionaria uma redução nos gastos envolvidos no processo.

Na Tabela 1 abaixo, são apresentadas as características consideradas mais importantes para a proposta inicial do sistema. Não são definidas como características fundamentais uma vez que o software pode sofrer um processo de evolução sendo necessário a adoção de novas características.

Tabela 1 – Requisitos Levantados na Entrevista.

Requisitos	Descrição
Frequência de Coleta	A coleta de informação deve ser realizada por uma frequência estipulada pelo pesquisador
Armazenamento de Dados	A aplicação deve possuir mecanismos de persistência de dados devido a importância dos mesmos e para a geração de relatórios
Informação de localização	O software deve oferecer mecanismos para a identificação da localização do nó sensor
Exportar dados	O software deve oferecer mecanismos para que os dados sejam exportados para arquivo de planilha eletrônica. Segundo o entrevistado P1, desta forma ele possui um maior controle sobre os dados, e pode utilizar todos os recursos fornecidos por esta ferramenta.

### 3.4 Protótipos para a Interface do Sistema

Para a confecção do sistema foi criados protótipos com o objetivo de avaliar a interface proposta para o sistema. Esses protótipos possibilitaram uma adequação da interface ao desejo do usuário uma vez que ele esteve incluído no processo de construção.

Na Figura 3 abaixo é possível visualizar o protótipo inicial da interface do sistema. Após discussões, foi evidenciado que este protótipo poderia causar dificuldade de visualização ao usuário, uma vez que ele poderia exibir informações de vários sensores ao mesmo tempo. Houve um consenso de que era melhor que a interface pudesse oferecer mecanismo de seleção de sensores por localização reduzindo assim a quantidade de informações na tela. A Figura 4 exibe a solução encontrada.

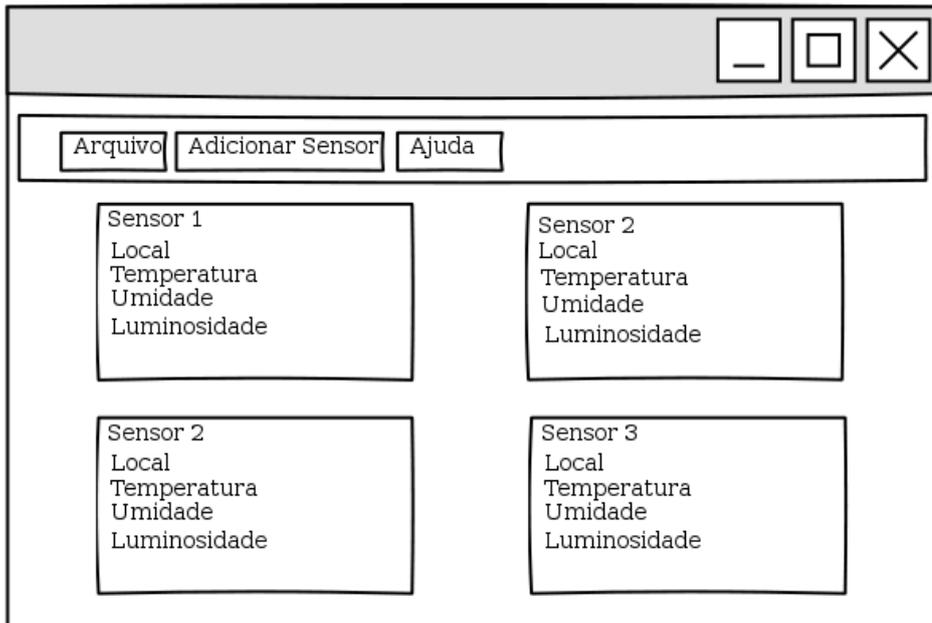


Figura 3 – Primeiro Protótipo de Interface

Fonte: Elaborada pelo autor

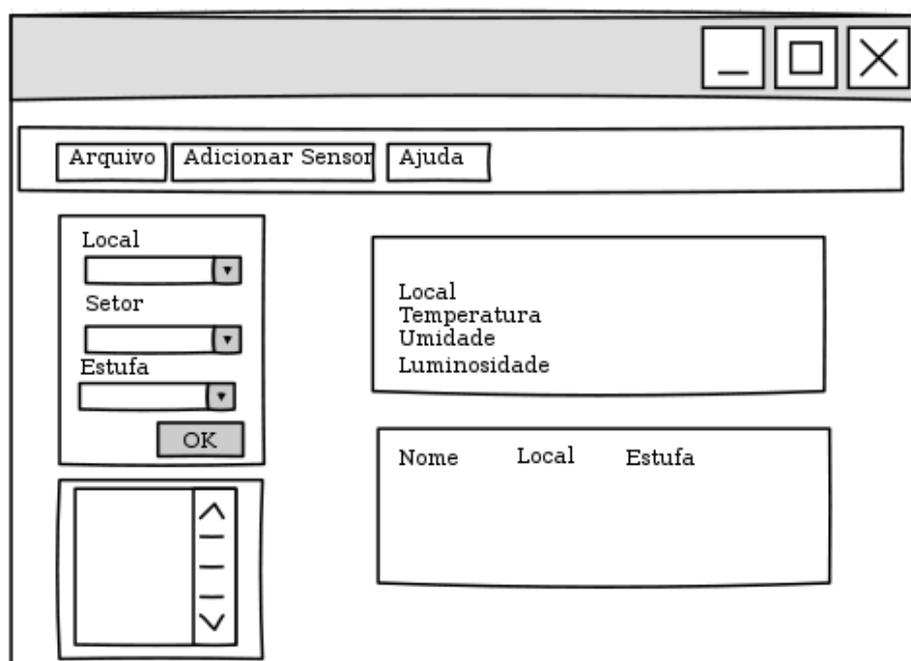


Figura 4 – Segundo Protótipo de Interface

Fonte: Elaborada pelo autor

# 4 Sistema Proposto

## 4.1 Apresentação Geral do Sistema

O sistema consiste basicamente em uma ferramenta para o gerenciamento de dados das redes de sensores sem fio. Através dele, o usuário pode cadastrar novos nós sensores, armazenar informações dos sensores em um banco de dados, ter os sensores organizados pela sua localização dentre outras características. Na Figura 5 abaixo, é visualizar o modelo do projeto. Nas próximas seções são explicadas as características de cada parte do projeto.

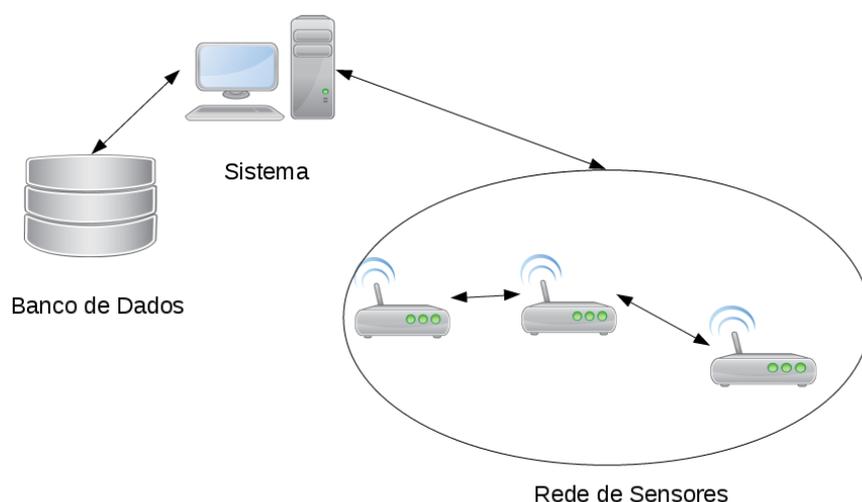


Figura 5 – Modelo Conceitual do Sistema

Fonte: Elaborada pelo autor

## 4.2 Rede de Sensores

Como mencionado no Capítulo I, a rede de sensores foi criada através protocolo de comunicação Zigbee. Nos testes realizados, tivemos um dispositivo coordenador, um roteador e um dispositivo final. A configuração de rede adotada foi a *Árvore*, uma vez que o dispositivo coordenador foi utilizado com o objetivo de estender o alcance da rede.

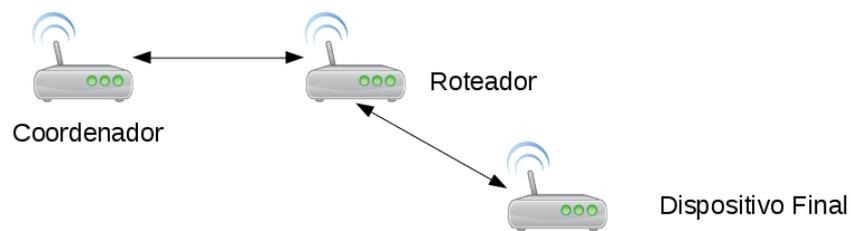


Figura 6 – Disposição da Rede de Sensores

Fonte: Elaborada pelo autor

Os dispositivos utilizados na rede de sensores são os fornecidos pela empresa Digi International Inc.. Na Figura 7 é possível visualizar o dispositivo XBee Sensor modelo ZB Bat /L/T/H. A característica deste dispositivo é que ele vem configurado de fábrica como um dispositivo final e pode coletar informações como temperatura, umidade e luminosidade atendendo às algumas das informações que foram citadas como importantes na etapa de levantamento de requisitos.



Figura 7 – Nó sensor DIGI

Fonte: Elaborada pelo autor

Na Tabela 2 são exibidas algumas das características do dispositivo citado acima.

Tabela 2 – Característica do Dispositivo ZB Bat /L/T/H

Frequency Band	ISM 2.4 GHz
Indoor/Urban Range	133 ft (40 m)
Outdoor/RF Line-of-Sight Range	400 ft (120 m)

Fonte: (DIGI, 2016a)

A Figura 8 mostra o dispositivo coordenador fornecido pela mesma empresa citada acima. Este dispositivo está conectado a um adaptador CON-USBEE fornecido pela empresa ROGERCOM que tem a funcionalidade de permitir a comunicação serial entre o dispositivo Xbee e o computador através da interface USB além de alimentá-lo.



Figura 8 – Dispositivo Coordenador Conectado a uma CON-USBEE

Fonte: Elaborada pelo autor

Por fim, é mostrado na Figura 9 dispositivo Xbee modelo XbeePro2 configurado como dispositivo roteador. Também é possível visualizar o circuito de condicionamento que é utilizado para alimentar o dispositivo Xbee.

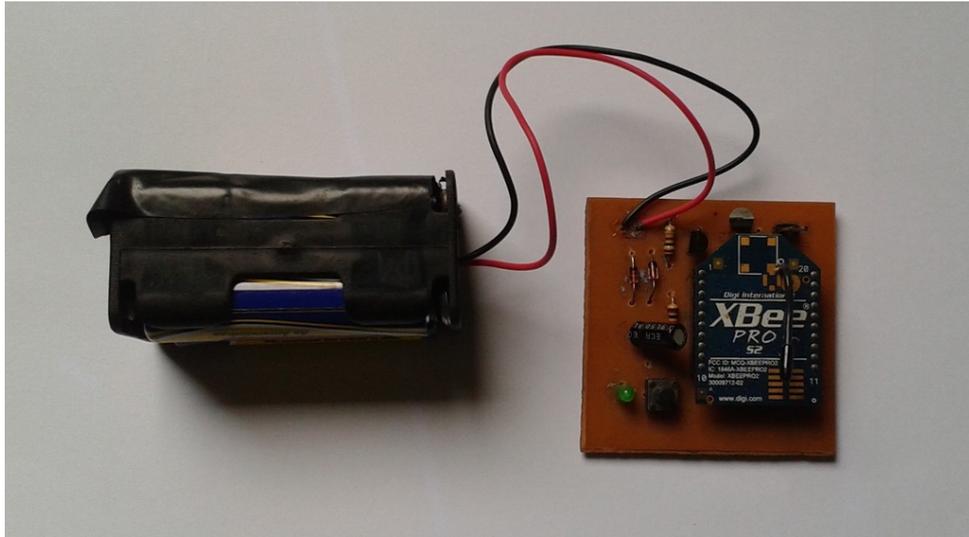


Figura 9 – Dispositivo Roteador e seu Circuito de Alimentação

Fonte: Elaborada pelo autor

São mostradas na Tabela 3 as características do dispositivo Xbee Pro S2 usado como roteador e como coordenador.

Tabela 3 – Característica do Dispositivo Xbee Pro S2

Frequency Band	ISM 2.4 GHz
Indoor/Urban Range	300 ft. (90 m)
Outdoor/RF Line-of-Sight Range	2 miles (3200 m)

Fonte: (DIGI, 2016b)

### 4.3 Descrição do Funcionamento do Sistema

O sistema foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação Java devido a sua vasta documentação, portabilidade e também pelo fato da API de desenvolvimento do Xbee está disponibilizada através desta linguagem.

Para que o sistema funcione de forma adequada é necessário que o dispositivo coordenador esteja conectado à interface USB através da COM-USBEE. Desta forma o software conseguirá enviar e receber informações da rede de sensores. Ao acessar o software, o usuário é levado à tela inicial do sistema visualizada na Figura 10.

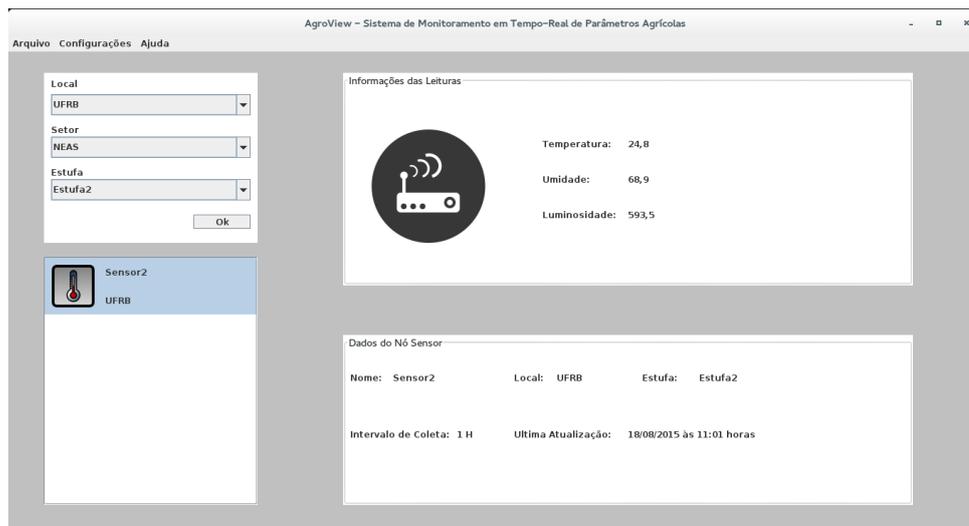


Figura 10 – Tela inicial do sistema

Na barra de menu temos as opções Arquivo, Configurações e Ajuda. No menu Arquivo, temos os submenus Sair e Gerar relatório, onde é escolhido um sensor específico, e o programa gera uma tabela com os dados que ele coletou, tendo a opção de salvar estes dados em uma planilha xls.

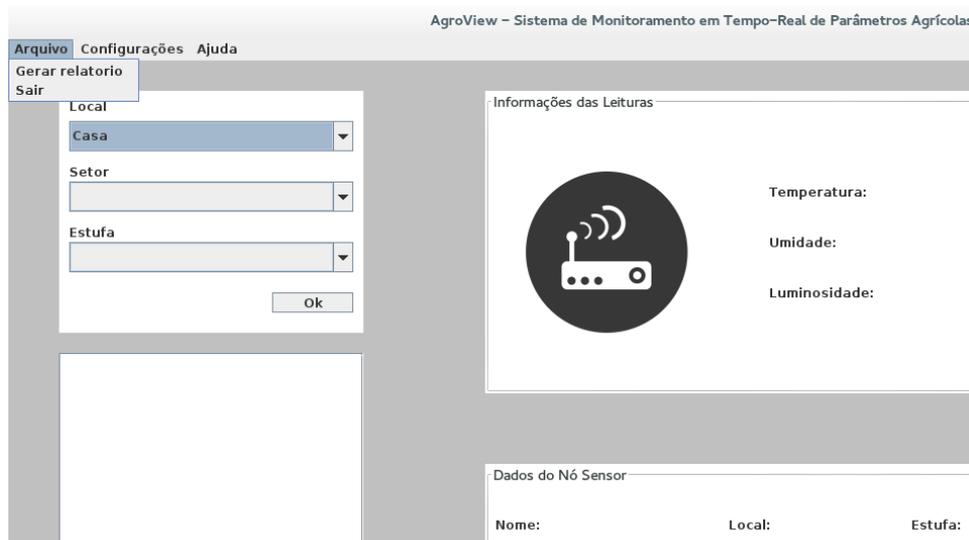


Figura 11 – Menu arquivo

No menu configurações, o usuário tem a opção de Adicionar (onde se realiza uma busca por nós sensores que não estejam cadastrados à aplicação), Excluir (opção de remove um nó sensor cadastrado no software não o removendo da rede de sensores e fazendo com que suas informações não sejam mais solicitadas) e Editar um Nó sensor onde é possível alterar as suas informações. Ao adicionar um sensor o usuário lhe atribui um nome, local, setor e tempo de coleta de dados do sensor.

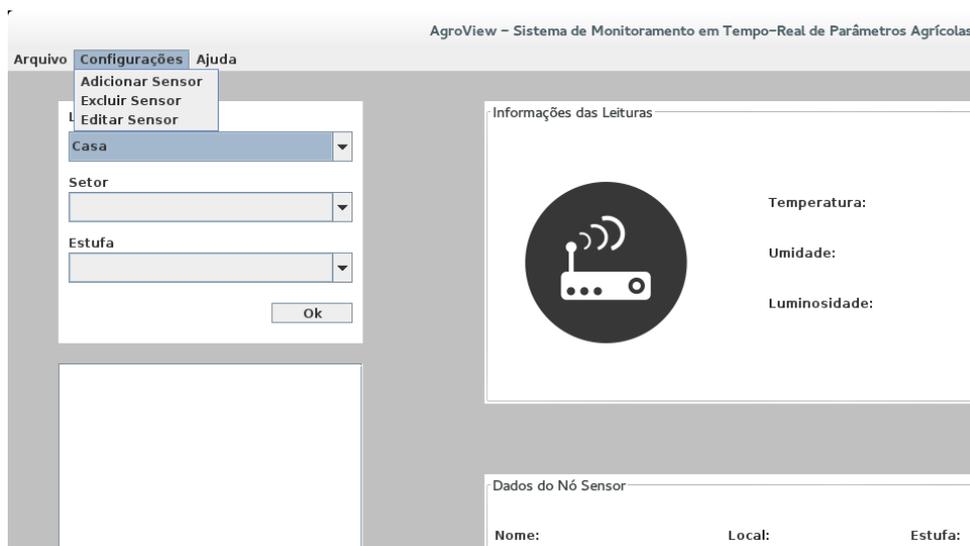


Figura 12 – Menu configuração

Em Ajuda o usuário tem as opções Sumário e Sobre. Em sumário ele é levado a uma página HTML, onde é possível obter informações sobre a documentação do software. Em sobre, é exibido informações básicas sobre o desenvolvedor do software e informações de contato.

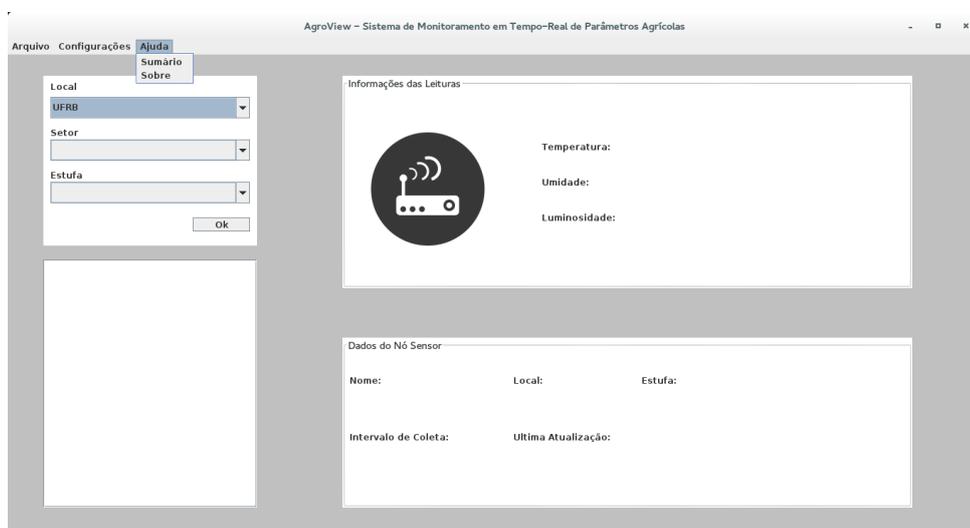


Figura 13 – Menu Ajuda

## 4.4 Dados Obtidos Através do Sistema

Após a etapa de desenvolvimento, foram realizados testes para verificar o comportamento do sistema monitorando dados como temperatura, umidade e luminosidade. Os testes foram realizados no NEAS. As casas de vegetação monitoradas podem ser visualizadas na Figura 14 e na Figura 15.



Figura 14 – Estufas Monitoradas Através da Rede de Sensores

Fonte: Elaborada pelo autor

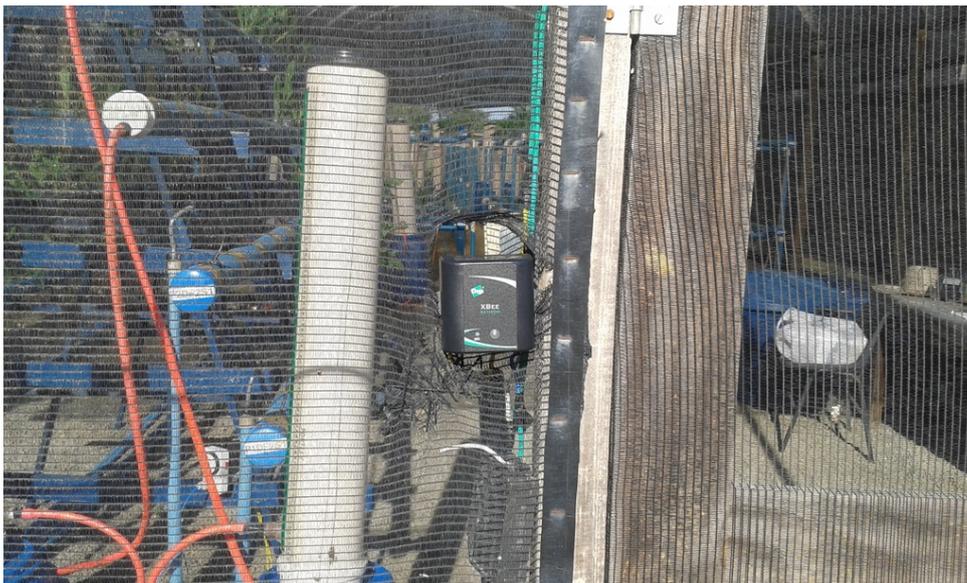


Figura 15 – Dispositivo Final Utilizado para o Monitoramento

Fonte: Elaborada pelo autor

Na Figura 16, é possível visualizar o dispositivo coordenador conectado ao computador através da CON-USBEE.



Figura 16 – Testes Realizados com o Sistema

Fonte: Elaborada pelo autor

Na Tabela 4 mostra algumas das informações de temperatura, umidade e luminosidade que foram obtidas durante este período de testes.

Tabela 4 – Dados coletados pelo sistema durante o período de testes

Temperatura	Umidade	Luminosidade
25.4252	63.3538	1.17302
29.5308	56.0779	1192.96
29.6481	55.9546	2.34604
29.6481	55.9546	2.34604

## 4.5 Discussão do Sistema Proposto

O sistema proposto empregado no caso específico da coleta de dados realizados pelos pesquisadores do NEAS contribui para a melhoria do desenvolvimento de suas atividades. Com o equipamento utilizado, é necessário que o pesquisador se dirija até o dispositivo, conecte um computador e recupere as informações coletadas. O sistema proposto elimina essa característica, uma vez que os dados coletados são enviados através da rede de sensores sem fio e salvos em um banco de dados.

Além disso, o sistema se mostra viável, uma vez que ele reduz os custos gastos com os equipamentos que são utilizados atualmente para esta função. Com isso maiores áreas podem ser monitoradas sem que haja um grande impacto econômico.

Como ponto positivo do sistema pode-se evidenciar a participação do usuário no processo de desenvolvimento do software em questão. Segundo [Preece, Rogers e Sharp](#)

(2005) deve-se discutir as necessidades, os requisitos e as expectativas do usuário no processo de desenvolvimento de um sistema.

A Tabela 5, mostra uma comparação entre os parâmetros monitorados pelos trabalhos relacionados e o proposto por este projeto. O objetivo é mostrar a necessidade de criação de um sistema mais específico ao problema apresentado nas entrevistas com o objetivo de resolvê-lo.

Tabela 5 – Comparação entre o trabalho proposto e encontrados na literatura

Característica	Sistema Proposto	(ANDRÉ; GHINI, 2014)	(CARVALHO, 2012)	(SILVA, 2011)
Dados Cole- tados	Temperatura, Umidade e Lumi- nosidade	CO2	Variação de Temperatura	Temperatura Ambi- ente, Umidade Relativa e Pres- são Atmosférica

A maior dificuldade encontrada na realização dos testes estavam relacionadas ao posicionamento do computador onde os dados são recebidos da rede de sensores. Percebeu-se que o mesmo deveria ficar em um local próximo ao ambiente externo (Ex.: uma janela). Quando um computador estava localizado em um ambiente mais interno, notava-se dificuldades na obtenção de sinal dos demais sensores. Acredita-se que tal dificuldade possa ser contornada como a presença de mais dispositivos roteadores. Com a limitação do projeto na obtenção de novos dispositivos Xbee, sugere-se o estudo desta solução em trabalhos futuros.

# 5 Conclusão

## 5.1 Conclusão

O trabalho evoluiu como esperado e os objetivos propostos puderam ser alcançados. Observa-se um horizonte promissor de aplicações para tal sistema. É possível empregá-lo para gerenciar dados relacionados à agricultura, a uma residência, fábricas dentre outros. Para isso é necessário realizar a adequação do dispositivo Xbee para receber informação deste novo sensor e da aplicação para tratar esta nova informação recebida.

Pôde-se notar na construção do trabalho a necessidade por busca de novas tecnologias para realização de experimentos no âmbito de monitoramento de informações. Algumas das tecnologias utilizadas possuem custo elevado o que gera dificuldades uma vez que poucos equipamentos podem ser utilizados para tal propósito. A evolução deste sistema pode ajudar a solucionar tais dificuldades, um vez que seu custo é menor.

Nos testes realizados, o sistema se comportou de maneira satisfatória para a sua primeira versão. Acredita-se que com novos testes e maiores adequações às necessidades do usuário o sistema pode oferecer ainda mais recursos para facilitar a forma como os dados são coletados e monitorados através dos sensores.

A versão de testes do sistema foi desenvolvida em uma plataforma Desktop, por atender às expectativas levantadas na análise de requisitos. Com a possibilidade de implementação do sistema em novas formas de monitoramento, acredita-se que isto possa gerar um maior aperfeiçoamento do sistema.

Portanto, o trabalho apresentado contribui para a literatura relacionada uma vez que o usuário está envolvido no processo de desenvolvimento e por abordar características relacionadas às demais tecnologia utilizadas no processo de coleta de informações por sensores. Além disso, o software apresenta um grande potencial, uma vez que o seu custo é inferior aos equipamentos utilizados no contexto em que ele foi testado, o que pode facilitar a sua adoção.

## 5.2 Trabalhos Futuros

Após a finalização do trabalho proposto, sugere-se como trabalhos futuros os seguintes itens:

- Adicionar novos tipos de sensores na aplicação proposta, o que envolve a confecção de circuitos de condicionamento para obter o sinal destes sensores;

- Acrescentar mecanismos que façam a aplicação atuar sobre o fenômeno monitorado. Esta característica não foram abordadas nas entrevistas realizadas, mais podem ser de grande importância em novas aplicações;
- Oferecer soluções para situações em que um determinado nó sensor deixe de funcionar;
- Criar versões para smartphone e web do software do sistema proposto;
- Aplicar o software para o monitoramento de novas áreas.

Com isso, acredita-se que o projeto proposto pode contribuir ainda mais para um bom monitoramento de diversos parâmetros provenientes de redes de sensores sem fio.

## Referências

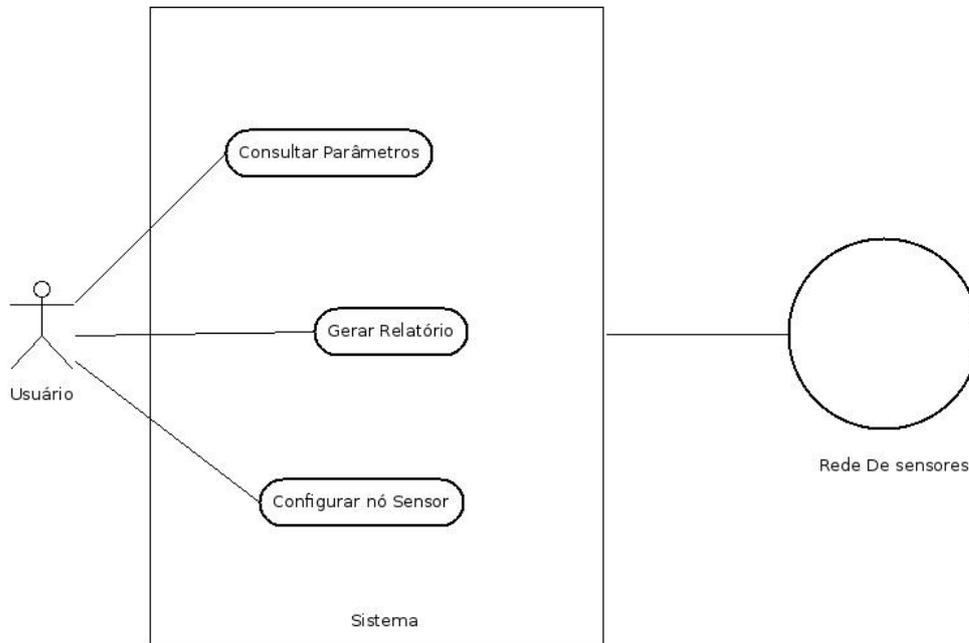
- ANDRÉ, T.-N.; GHINI, R. Rede de sensores sem fio para monitoramento e controle de processos em ambiente agrícola. 2014. Disponível em: <<http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2/laboratorio-nacional-de-agricultura-de-precisao/livro-agricultura-de-precisao-um-novo-olhar/2.11>>. Acesso em: 30 jun. 2015. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 40.
- CARVALHO, F. Aplicações ambientais de redes de sensores sem fio. 2012. Disponível em: <<http://www.rtic.com.br/artigos/v02n01/v02n01a03.pdf>>. Acesso em: 9 out. 2014. Citado 3 vezes nas páginas 21, 24 e 40.
- DIGI. *XBee<sup>®</sup> Sensors Real-Time Environmental Data Using ZigBee<sup>®</sup> Networks*. 2016. Access date: 17 mar. 2016. Disponível em: <<http://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions/sensors/xbee-sensors#specifications>>. Citado na página 34.
- DIGI. *ZigBee RF Modules XBEE2, XBEEPRO2, PRO S2B*. 2016. Access date: 17 mar. 2016. Disponível em: <<http://ftp1.digi.com/support/documentation/90000976.pdf>>. Citado na página 35.
- FARAHANI, S. *ZigBee Wireless Networks and Transceivers*. Burlington: Pearson Prentice Hall, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 25.
- LOPES, M. P. S. e. W. T. A. Desafios em redes de sensores sem fio. 2011. Disponível em: <<http://rtic.com.br/en/artigos/v01n01/v01n01a08.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2016. Citado na página 24.
- LOUREIRO, A. A. et al. Redes de sensores sem fio. *XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores. Rio Grande do Norte*, 2003. Disponível em: <<http://homepages.dcc.ufmg.br/~loureiro/cm/docs/sbrc03.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2016. Citado na página 24.
- PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. *Design de Interacao*. Burlington: Bookman, 2005. Citado na página 40.
- SILVA, L. H. d. S. *Desenvolvimento de uma Rede de Sensores Sem Fio Utilizando ZigBee para Aplicações Diversas*. Recife: [s.n.], 2011. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 40.
- SILVA, M. S. d.; FRUETT, F. Monitoramento ambiental através de rede de sensores sem fio de baixo custo. 2013. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1706.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2015. Citado na página 21.
- TEIXEIRA, F. Sistema de monitoramento de temperatura utilizando uma rede de sensores sem fio padrão ieee 802.15.4. 2008. Disponível em: <<http://www3.iesam-pa.edu.br/ojs/index.php/computacao/article/viewArticle/173>>. Acesso em: 9 out. 2014. Citado 3 vezes nas páginas 21, 25 e 27.



# Apêndices

# APÊNDICE A – Diagrama de Caso de Uso

Figura 17 – Diagrama de Caso de Uso



# APÊNDICE B – Modelagem de Dados

Figura 18 – Modelagem de Dados

