

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS GUARAPUAVA
CURSO DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS PARA INTERNET

ANDRÉ GOMES

**PROJETO DE UMA REDE SENSOR SEM FIO PARA
MONITORAMENTO AMBIENTAL UTILIZANDO PROTOCOLO
ZIGBEE**

PROJETO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

GUARAPUAVA

2015

ANDRÉ GOMES

**PROJETO DE UMA REDE SENSOR SEM FIO PARA
MONITORAMENTO AMBIENTAL UTILIZANDO PROTOCOLO
ZIGBEE**

Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso I do Curso de Tecnologia em Sistemas para Internet da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para aprovação.

Orientador: Prof. Me. Paulo Henrique Soares

Co-orientador: Prof. Esp. Maurício Barfknecht

GUARAPUAVA

2015

RESUMO

GOMES, André. Projeto de uma rede sensor sem fio para monitoramento ambiental utilizando protocolo Zigbee. 28 f. Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Tecnologia em Sistemas para Internet, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Guarapuava, 2015.

Diariamente a exposição ao ar é inevitável. Seja em casa, na rua ou nos ambientes de trabalho ele sempre estará presente. O problema que isso representa é que a qualidade desse ar pode estar comprometida sem que seja notado. Deste modo, saber se os níveis de umidade do ar e temperatura são seguros para permanência pode ajudar a evitar problemas de saúde. Pensando nisso o foco deste trabalho é desenvolver uma rede de sensores sem fio para monitoramento da qualidade do ar em vários pontos de um determinado ambiente, com o objetivo de verificar quais lugares estão mais seguros para permanência. Para o desenvolvimento do projeto será utilizado o protocolo *Zigbee*, através de um módulo *Xbee*. Também serão utilizados sensores de temperatura e umidade do ar do tipo DHT11 e a plataforma Arduino. Ao final do projeto espera-se que a ferramenta contribua evitando possíveis problemas de saúde e de queda de desempenho no trabalho causados por níveis inadequados de temperatura e umidade.

Palavras-chave: Rede de Sensores, Zigbee, Xbee, Monitoramento Ambiental, Redes sem Fio

ABSTRACT

GOMES, André. Design of a wireless sensor network for environmental monitoring using Zigbee protocol. 28 f. Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Tecnologia em Sistemas para Internet, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Guarapuava, 2015.

Daily exposure to air is inevitable. Whether at home, on the street or in the workplace it will always be present. The problem that this presents is that the quality of the air can be committed without being noticed. Thus, whether the humidity levels and air temperature are safe to stay can help prevent health problems. With this in mind the focus of this work is to develop a wireless sensor network for monitoring air quality at various points of a certain environment, in order to see which places are the safest to stay. For project development will use the protocol Zigbee through a module Xbee. Will also be used temperature sensors and humidity of DHT11 type and Arduino platform. At the end of the project it is expected that the tool will help prevent potential risks to health and performance fall at work caused by inadequate levels of temperature and humidity.

Keywords: Sensor Networks, Zigbee, Xbee, Environmental monitoring, Wireless Networks

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Fluxo de dados da plataforma	10
Figura 2	–	Adaptador USB-XBee	11
Figura 3	–	Esquema geral da RSSF	11
Figura 4	–	Placas Arduino UNO	13
Figura 5	–	Placa Genuino Uno Rev 3	14
Figura 6	–	Sensor de temperatura e umidade DHT11	15
Figura 7	–	Exemplo de uma RSSF	16
Figura 8	–	Exemplo de topologia estrela	17
Figura 9	–	Exemplo de topologia em malha	18
Figura 10	–	Módulo XBee Antenna 2mW Serie 2	18
Figura 11	–	XBee Shield para Arduino	19
Figura 12	–	XBee Explorer USB Adapter	20
Figura 13	–	Cronograma de atividades	23
Figura 14	–	Página web: Layout responsivo	25
Figura 15	–	Esquema geral da RSSF	26

LISTA DE SIGLAS

RSSF	Rede de sensores sem fio
OMS	Organização Mundial de Saúde
CO2	Dióxido de Carbono
DHT11	Sensor de Temperatura e Umidade
MG811	Sensor de Dióxido de Carbono
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	OBJETIVOS	8
1.1.1	Objetivo Geral	8
1.1.2	Objetivos Específicos	8
1.2	DIFERENCIAL TECNOLÓGICO	8
2	RESENHA LITERÁRIA	9
2.1	ESTADO DA ARTE	9
2.2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.2.1	Arduino	12
2.2.1.1	Arduino Uno Rev 3	13
2.2.1.2	Sensor DHT11	14
2.2.2	Umidade do ar	15
2.2.3	Rede de sensores sem fio	15
2.2.3.1	Protocolo Zigbee	16
2.2.3.2	Módulo Xbee	18
2.2.3.3	XBee Shield	19
2.2.3.4	XBee Explorer	19
3	METODOLOGIA	21
4	CRONOGRAMA	23
5	DESENVOLVIMENTO	24
5.1	RSSF	24
5.1.1	Nós sensores	24
5.1.2	Nó Central	24
5.2	SERVIDOR E PÁGINA WEB	25
5.3	FLUXO DE DADOS	25
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
	REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

As Redes de Sensores Sem Fio RSSF, tem sido tema recorrente em diversas pesquisas. Estas redes possuem diversas aplicações que vão desde ferramentas militares, controle e monitoramento até aplicações na área de saúde Ian et al. (2002). Estas RSSF são uma área de pesquisa relativamente nova e que trazem diversos benefícios. Entre eles está a possibilidade de desenvolver ferramentas capazes de concentrar e avaliar dados de diversos pontos de um determinado ambiente. Pensando nisso, aparece um perigo ao qual diariamente estamos expostos: o ar que todos respiram. Este mesmo ar que torna possível a vida pode tirar vidas se não estiver em condições favoráveis. Condições estas que ao contrário do que pensam não estão somente ligadas a quantidade de poluentes presentes no ar, pois até mesmo a baixa umidade relativa do ar e temperaturas muito altas ou baixas já apresentam riscos à nossa saúde.

Segundo recomendações da Organização Mundial da Saúde OMS, índices de umidade inferiores a 60% não são adequados para a saúde humana Cepagri (2009). Porém, altos níveis de umidade combinados a altas temperaturas também podem causar problemas. Conforme Silva e Almeida (2010), essa combinação de alta temperatura com um alto nível de umidade do ar reduz a capacidade do corpo humano de manter sua temperatura interna correta. Exposições a ambientes como este podem causar câimbras, esgotamento, fadiga e até danos ao cérebro, podendo chegar a morte (Silva e Almeida, 2010). Em um ambiente de trabalho essas condições podem causar ainda mais problemas. Iida (2005) afirma que quando uma pessoa é obrigada a suportar altas temperaturas, seu rendimento no trabalho diminui drasticamente. A velocidade do trabalho diminui, as pausas se tornam recorrentes e mais longas e a propensão a acidentes aumenta.

Por conta disso, o foco deste trabalho é projetar e implementar uma rede de sensores sem fio utilizando protocolo *Zigbee* e tecnologias livres. Espera-se que a plataforma seja capaz de aferir se os níveis de umidade do ar e temperatura em diversos pontos de um ambiente estão ou não seguros para presença de seres humanos e desta maneira contribuindo para evitar problemas de saúde e diminuição de desempenho no trabalho.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma rede sensor sem fio capaz de aferir os níveis de temperatura e umidade relativa do ar em diversos pontos de um ambiente utilizando tecnologias livres.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

São objetivos específicos deste trabalho:

- Fazer o levantamento teórico das tecnologias envolvidas.
- Desenvolver os algoritmos para estabelecer comunicação entre os sensores e o Arduino.
- Implementar a rede de sensores sem fio.
- Realizar testes na aferição dos níveis de temperatura e umidade do ar.

1.2 DIFERENCIAL TECNOLÓGICO

O principal diferencial tecnológico é a possibilidade de aferir os níveis em diversos pontos de um mesmo local, enquanto a maioria das tecnologias presentes no mercado hoje realizam essa aferição em apenas um determinado ponto. Isso permite avaliar quais lugares de uma mesma área estão adequadas para permanência. Além disso, por utilizar tecnologias livres, a RSSF terá baixo custo, sendo um ótimo diferencial em relação as tecnologias atuais que são muito caras.

2 RESENHA LITERÁRIA

Neste Capítulo serão abordados o estado da arte (Seção 2.1), onde é descrito sobre trabalhos relacionados ao tema, analisando as características de cada um, e a fundamentação teórica (Seção 2.2), onde serão descritas as tecnologias e conceitos que serão necessários no andamento do projeto.

2.1 ESTADO DA ARTE

Nesta seção serão descritos dois trabalhos correlatos, um na área de monitoramento da qualidade do ar e outro na área de redes de sensores sem fio. Serão apresentadas as principais características de cada um, ressaltando os pontos que podem ser aproveitados no projeto.

O primeiro é o projeto de trabalho de conclusão de curso do autor Almeida (2015), que propõe a construção de uma plataforma para monitorar a qualidade do ar. Este trabalho irá contribuir em toda parte sensorial do projeto, por utilizar os mesmos sensores que serão utilizados na RSSF. O foco foi desenvolver uma ferramenta capaz de monitorar em um ambiente interno fechado a presença de CO₂ e os níveis de umidade e temperatura (Almeida, 2015). Para construção da ferramenta, será utilizada a plataforma de prototipação eletrônica Arduino, sensor de temperatura DHT11 e ainda o sensor de dióxido de carbono MG811, para aferir os níveis de CO₂ no ambiente. Os dados coletados são importantes para saber se o ambiente é ou não adequado para presença de seres humanos e serão disponibilizados para visualização através de um painel de LED na própria plataforma e também em um servidor em nuvem.

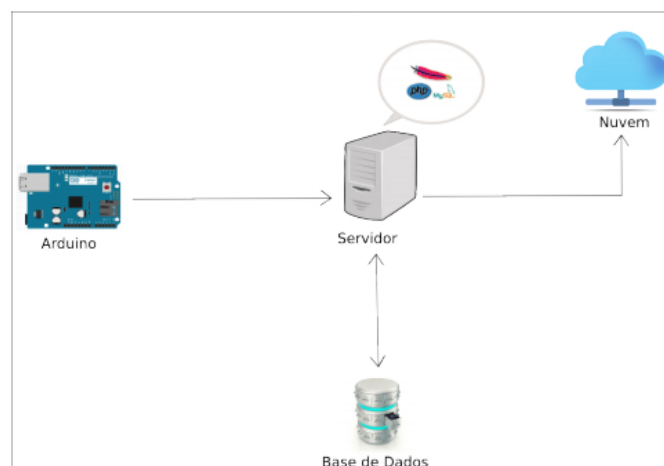
Conforme Almeida (2015), o grande diferencial tecnológico da plataforma é a capacidade de disponibilizar os dados em nuvem, possibilitando a visualização por qualquer interessado em avaliar a qualidade do ar no ambiente onde a plataforma se encontra. Além disso, outra vantagem é o custo da ferramenta, que mesmo oferecendo vantagens em relação a algumas ferramentas no mercado pode ser desenvolvida com investimento menor, dados que podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1: Comparação entre as plataformas

Fonte: Almeida (2015)

Plataforma	CO2 Lim	Temp. Lim	Umid. Lim	Preço
Autopilot Desktop CO2 Monitor	0 - 3,000 ppm	0 C - 50 C	20% - 90%	\$ 134
cSense CO2 + RH/T Monitor	0 - 9,999 ppm	-10 C - 60 C	0.1% - 99.9%	\$ 249
Mini CO2 Monitor	0 - 3,000 ppm	0 C - 50 C -	nao registra	\$ 109
Plataforma proposta	0 a 10,000 ppm	0 C - 50 C	20% - 90%	\$ 96

Segundo Almeida (2015) a plataforma Arduino irá capturar os dados coletados pelos sensores e enviá-los para o servidor, onde serão armazenados em uma base dados. A base utilizada será controlada pelo Sistema Gerenciador de Banco de Dados SGBD MySQL. Depois que estes dados estiverem salvos o servidor já poderá fazer consultas e envia-los para um servidor em nuvem. Assim, a plataforma proporciona um meio de visualizar e monitorar a emissão de CO2 no ambiente. O fluxo do projeto será semelhante ao da Figura 1.

**Figura 1: Fluxo de dados da plataforma**

Fonte: Almeida (2015)

O segundo trabalho é a monografia de Souza Filho (2011) que propõe o desenvolvimento de uma rede de sensores sem fio utilizando Zigbee para aplicações diversas. Neste trabalho, o autor desenvolveu um sistema completo (plataformas de *hardware*, *software* e *firmware*) que permitem montar uma RSSF utilizando a tecnologia Zigbee, com a finalidade de ser utilizado em uma ampla variedade de aplicações. Conforme Souza Filho (2011), por conta das características favoráveis do Zigbee, como baixa taxa de transmissão por exemplo, fazem com que ele seja o mais utilizado em RSSF, além do fato de que utilizando Zigbee, pode se utilizar a mesma RSSF desenvolvida para abstrair uma nova aplicação com objetivos diferentes somente se preocupando com a seleção dos sensores e análise dos dados coletados. O módulo Zigbee utilizado foi XbeePRO Znet 2.5 OEM, produzido pela Digi. A RSSF desenvolvida é

composta por quatro elementos, sendo estes plataformas de hardware, módulo coordenador da rede, módulo concentrador e um computador com um SGDB instalado. Estas plataformas de *hardware* são os nós da rede, que podem ser tanto roteadores quanto dispositivos finais, além de terem a capacidade de sensoriamento. São sistemas microcontrolados que suportam o módulo Zigbee (Souza Filho, 2011).

Souza Filho (2015) explica que o módulo coordenador e o concentrador não possuem capacidade de sensoriamento, mas se houver redundância de alimentação, então pode-se utilizar a mesma plataforma dos nós sensores com esse fim. A conexão do concentrador com o computador se dá através de um adaptador USB para módulos *XBee*, o qual pode ser visualizado na Figura 2. O nó coordenador utilizado pode ser qualquer um que não esteja sendo utilizado com concentrador. Embora seja possível utilizar o mesmo nó para ambas as tarefas, não é indicado para não ficar sobrecarregado com funções de gerenciamento de rede. Além disso, utilizando um nó que não é o coordenador como concentrador torna mais fácil estender a RSSF para um cenário de múltiplos concentradores.

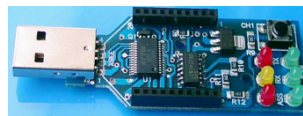


Figura 2: Adaptador USB-XBee

Fonte: Souza Filho (2011)

O último elemento utilizado é um computador com o SGDB MySQL instalado. A função deste elemento na rede é armazenar os dados coletados pela RSSF. Um esquema geral da rede pode ser visualizado na figura 3. A RSSF foi desenvolvida com sucesso e segundo Souza Filho (2011) por conta da natureza desse tipo de aplicações pode-se prever que em breve elas farão parte integral das nossas vidas.

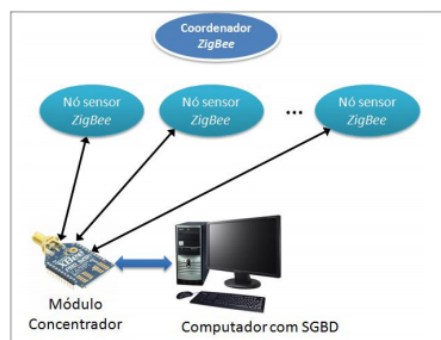


Figura 3: Esquema geral da RSSF

Fonte: Souza Filho (2011)

Ambos os trabalhos representam grande contribuição para este projeto, por utilizarem tecnologias semelhantes e alguns casos as mesmas que serão utilizadas. Na tabela 2 está um comparativo entre os trabalhos, destacando as particularidades do projeto, também citando as principais características e também criticando os pontos negativos dos trabalhos descritos nesta seção.

Tabela 2: Comparação entre os trabalhos

Fonte: O autor

	Trabalho de Almeida	Trabalho de Souza Filho	Projeto proposto
Características	O projeto será de grande contribuição pelo fato de utilizar o sensor DHT11 e Arduino para o monitoramento da qualidade do ar.	O trabalho servirá como uma boa base para a RSSF por utilizar o protocolo Zigbee, precisamente através de módulos <i>Xbee</i> . Tecnologias estas que serão utilizadas neste projeto.	O projeto vai de certa forma unir os dois trabalhos, uma RSSF com foco em monitoramento da qualidade do ar. Buscando obter as principais qualidades de cada trabalho para esse, além de novas funcionalidades.
Críticas	Apesar de ser um ótimo trabalho na questão do monitoramento, o ponto fraco deste trabalho é a limitação de poder aferir os níveis apenas em um ponto de um determinado ambiente interno fechado.	O trabalho de Souza Filho é uma boa fonte de material na área de RSSF. O que faltou foi aplicar de fato a tecnologia, visto que o projeto é apenas de uma RSSF genérica.	O projeto leva vantagem em relação aos outros dois. A respeito do trabalho de Almeida, pelo fato de poder monitorar a qualidade do ar em diversos pontos de um ambiente, seja este interno ou externo. Quanto ao trabalho de Souza Filho, a vantagem é estar de fato aplicando uma RSSF para contribuir com a sociedade.

2.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção serão descritos os principais conceitos e tecnologias que serão utilizados no trabalho, destacando as características de cada um.

2.2.1 ARDUINO

Com o passar dos anos o Arduino tem se tornado o cérebro de milhares de projetos que vão desde aplicações simples para uso diário até instrumentos científicos complexos. Com uma comunidade de alcance mundial, formada por estudantes, programadores e profissionais, uma incrível quantidade de conhecimento acessível a respeito da plataforma é hoje facilmente encontrado, seja para iniciantes ou profissionais da área (Arduino, 2015).

Arduino é uma plataforma de prototipação de código aberto baseada nos princípios de facilidade para utilização de hardware e software. As placas de Arduino são capazes de ler entradas de dados, luz em um sensor, um botão pressionado e até mesmo uma mensagem no *Twitter*. Depois transformam essa entrada em uma saída que vai desde ativar um motor, ligar um LED até aplicações mais complexas. Deve ser definido o que a placa irá fazer através de instruções que são enviadas a um microcontrolador, instruções estas que são escritas utilizando a linguagem de programação Arduino e a Arduino Software IDE. Na Figura 4 pode se observar duas placas Arduino, uma Arduino UNO e outra Genuino UNO, Arduino e Genuino são marcas oficiais (Arduino, 2015).



Figura 4: Placas Arduino UNO

Fonte: Arduino (2015)

A escolha pelo Arduino como tecnologia utilizada neste projeto se deu por conta da grande quantidade de material acessível na área, mesmo para iniciantes. Além disso, utilizando tecnologias livres conseguimos manter o diferencial no custo baixo da plataforma, pois as placas exigem baixo investimento. Neste projeto serão utilizados vários componentes e eles estão descritos nas subseções a seguir.

2.2.1.1 ARDUINO UNO REV 3

O Arduino Uno Rev 3 é uma placa microcontroladora baseada no chip *ATmega328*. Possui 14 pinos de entrada e saída digital, dentre as quais 6 podem ser utilizados como saída PWM e 6 são entradas analógicas. Também conta com uma conexão USB, entrada de alimentação,

cristal oscilador de 16 MHz e um botão de resetar (Arduino, 2015). Ele contém tudo que é necessário para o microcontrolador, para utilizar basta conectá-lo a um computador através de um cabo USB ou ligar através de uma fonte de energia. O UNO difere de todas as placas anteriores por não utilizar o chip FTDI de conversão de USB para serial. Na figura 5 está a imagem de um Genuino UNO Rev 3, que possui as mesmas especificações do Arduino, difere apenas o nome da marca oficial de trabalho fora dos Estados Unidos (Arduino, 2015).

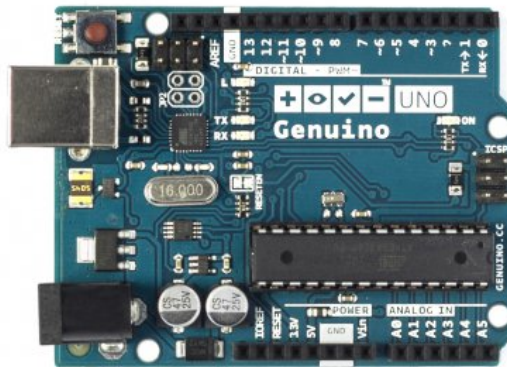


Figura 5: Placa Genuino Uno Rev 3

Fonte: Arduino (2015)

A placa será utilizada neste projeto como nó central da RSSF, através de um *Xbee Shield* um módulo *Xbee* será ligado ao Arduino. Nesta mesma placa é que posteriormente serão salvos os dados coletados pelos sensores da rede, em um cartão SD ou em uma base de dados utilizando o SGBD MySQL.

2.2.1.2 SENSOR DHT11

Os sensores de temperatura de umidade DHT11 são básicos e de baixo custo. São construídos em 2 partes para poder medir níveis de umidade e temperatura. O sensor conta com um pequeno e básico chip interno que faz uma conversão de um sinal analógico para digital e então o retorna com a temperatura e a umidade. Este sinal emitido é facilmente lido com um microcontrolador (ADAFRUIT, 2012).

Conforme Adafruit (2012), o sensor DHT11 é bom para leituras de umidade de 20% e 80%, com precisão podendo variar em 5%. No caso da temperatura, são bons para leituras entre 0°C e 50°C, com precisão de 2°C para mais ou menos. Foi o sensor escolhido para ser utilizado neste projeto pelas características favoráveis para aferição dos níveis de temperatura e umidade, além do fato de ser um sensor de custo baixo. O sensor pode ser visto na figura 6.

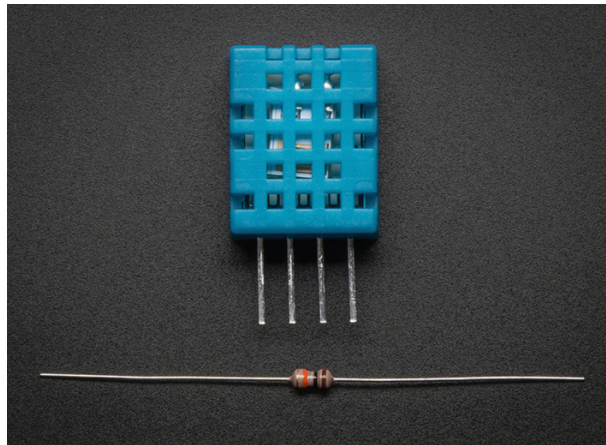


Figura 6: Sensor de temperatura e umidade DHT11

Fonte: Adafruit (2012)

2.2.2 UMIDADE DO AR

Segundo Cepagri (2009), umidade relativa do ar significa em termos simplificados o quanto de água no estado gasoso (vapor) existe na atmosfera no momento em relação ao total máximo que poderia existir para determinada temperatura observada. Esta umidade do ar geralmente é mais baixa no início da primavera e no inverno. Na primavera, é mais baixa no período da tarde. A umidade fica mais alta por diversos fatores, entre eles está a chuva, que aumenta a umidade devido à evaporação que ocorre após chover. Também aumenta em áreas florestadas ou próximas de rios e represas.

Alguns dos problemas causados pela baixa umidade do ar são alergias e problemas respiratórios devido ao ressecamento de mucosas, irritação aos olhos, ressecamento da pele e aumento das chances de incêndios em pastagens e florestas (Cepagri, 2009).

2.2.3 REDE DE SENSORES SEM FIO

Com o passar dos anos os avanços na área de comunicação sem fio e sistemas embarcados têm proporcionado uma nova geração de redes de sensores. As aplicações vão desde as mais simples até experimentos complexos, sendo alguns exemplos de utilização as áreas de monitoramento de trânsito, monitoramento de animais, detecção de incêndios e monitoramento ambiental (Souza Filho, 2011).

Segundo Akyildiz e Kasimoglu (2004), redes de sensores sem fio são um grupo de sensores e atores ligados por um meio sem fio para realizar sensoriamento distribuído e tarefas agindo de uma rede desse tipo. O papel dos sensores é de reunir informações sobre o mundo

físico, enquanto o dos atores é tomar decisões e executar ações apropriadas sobre o meio ambiente. Assim, um dos principais objetivos na WSANs é diminuir o atraso de comunicação entre o sentir e agir nas tomadas de decisão sobre um determinado meio.

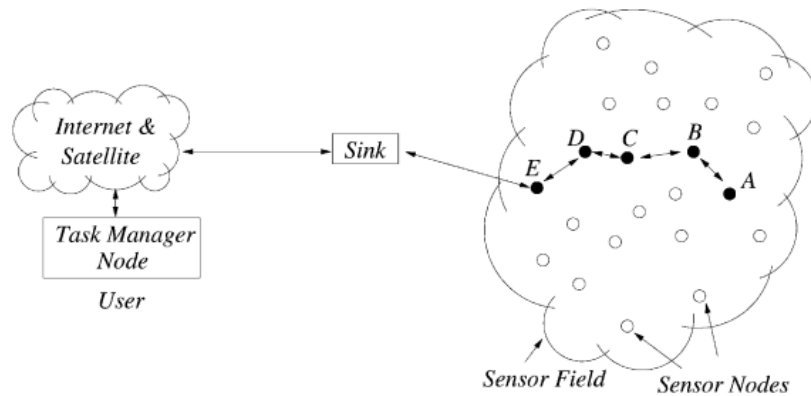


Figura 7: Exemplo de uma RSSF

Fonte: Ian et al. (2002)

Como o foco deste trabalho é desenvolver uma RSSF, os conceitos e definições serão utilizados em todo andamento do projeto. Seguindo as principais recomendações e respeitando as boas práticas e definições deste tipo de rede. A seguir estão descritas as tecnologias relacionadas a RSSF.

2.2.3.1 PROTOCOLO ZIGBEE

A tecnologia de rede sem fio *Zigbee* é a principal norma global para implementação de redes de curto alcance com baixo custo, baixa taxa de dados e com vida útil estendida da bateria (Farahani, 2008). Conforme Souza Filho (2011), por possuir as características favoráveis, como baixa taxa de transmissão e curto alcance por exemplo, o *Zigbee* tem sido amplamente utilizado em várias aplicações que necessitam de redes de sensores sem fio.

O *Zigbee* é uma norma que define um conjunto de protocolos de comunicação para redes sem fio que operam com baixa taxa de dados e curto alcance. Os dispositivos baseados em *Zigbee* operam nas frequências de 868 MHz, 915 MHz e 2.4 GHz, sendo que taxa máxima de dados é de 250 K bits por segundo. *Zigbee* é destinado principalmente para aplicações alimentadas por bateria onde a baixa taxa de dados, baixo custo e bateria de longa vida são requisitos principais. Em grande parte das aplicações o tempo total que o dispositivo sem fio está engajado em qualquer tipo de atividade é muito limitado, pois o dispositivo passa a maior parte do tempo em modo de economia de energia. Como resultado disso dispositivos que trabalham com

Zigbee são capazes de ficar operacionais por vários anos antes de suas baterias precisarem ser substituídas (Farahani, 2008).

A norma *Zigbee* é desenvolvida pela *Zigbee Alliance* que possui como membros centenas de companhias. Ela foi formada em 2002 como uma organização sem fins lucrativos aberta para todos que quiserem participar. A norma *Zigbee* adotou a IEEE 802.15.4 como sua camada física e de controle de acesso ao meio. Além disso, o *Zigbee* ajuda a reduzir o custo de implementação por simplificar os protocolos de comunicação e reduzir a taxa de dados. Os requisitos mínimos para aprender sobre as especificações do *Zigbee* e IEEE 802.15.4 são relativamente mais tranquilos quando comparados a outras normas como por exemplo o IEEE 802.11, o que reduz a complexidade e custo de implementação (Farahani, 2008).



Figura 8: Exemplo de topologia estrela

Fonte: Farahani (2008)

No quesito topologia, a formação da rede é gerenciada pela camada de rede do *Zigbee*. A rede precisa estar em uma das duas topologias especificadas na IEEE 802.15.4: estrela ou *peer-to-peer*. Na topologia estrela, como pode ser visto na Figura 8, cada dispositivo pode se comunicar apenas com o coordenador PAN.

Em uma topologia *peer-to-peer* cada dispositivo pode se comunicar diretamente com qualquer outro desde que estejam próximos o suficiente para estabelecer um link de comunicação. Uma topologia *peer-to-peer* pode assumir diferentes formatos bastando para isto definir restrições a respeito de quais dispositivos podem se comunicar. Se não houver nenhuma restrição, a rede *peer-to-peer* é conhecida com topologia *mesh* ou malha. A Figura 9 mostra o exemplo de uma topologia em malha.

As características do *Zigbee* como foi observado são favoráveis para serem utilizadas em projetos como redes de sensores sem fio. A Tabela 3 reforça que o *Zigbee* é o protocolo mais adequado para aplicações de RSSF, mostrando com detalhes uma comparação entre as características do *Zigbee*, *Bluetooth* e a norma IEEE 802.11b que é o padrão *wireless*. Estudar os protocolos e entender o seu funcionamento é um passo fundamental para o bom andamento do projeto. No projeto será utilizado um módulo *Zigbee Xbee*, para ser usado em conjunto com o Arduino.

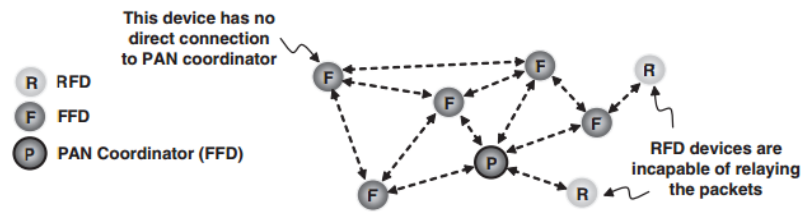


Figura 9: Exemplo de topologia em malha

Fonte: Farahani (2008)

Tabela 3: Comparativo Zigbee e outras tecnologias sem fio

Fonte: Ramos (2012)

	Taxa de transmissão	Raio de alcance	Aplicação
Zigbee	20 a 250 kbps	10 a 100m	Redes de sensores sem fio
Bluetooth	1 a 3 Mbps	2 a 10m	Fones e mouses sem fio
IEEE 802.11b	1 a 11 Mbps	10 a 100m	Conexão de internet sem fio

2.2.3.2 MÓDULO XBEE

O *Xbee* é um dispositivo que foi desenvolvido pela empresa *Digi International*, uma reconhecida empresa na área de dispositivos de comunicação sem fio. O *Xbee* então é um módulo que possui o protocolo *Zigbee* embarcado no próprio microcontrolador. Esse módulo é disponibilizado em dois modelos, sendo eles *Xbee* e *Xbee-PRO*, onde ambos possuem as mesmas funcionalidades. A diferença entre eles está apenas no alcance e potência de transmissão (Eschner, 2011). A Figura 10 mostra um módulo XBee Antenna.



Figura 10: Módulo XBee Antenna 2mW Serie 2

Fonte: <https://www.adafruit.com/products/968>

Conforme Eschner (2011) além de poder operar em diferentes topologias, outra vantagem do módulo é o fato de que ele implementa a tecnologia de *sleep mode*, dando maior autonomia as baterias ou pilha de alimentação do dispositivo. Autonomia essa que em alguns casos pode chegar a alguns anos sem precisar substituir baterias. Os *XBees* também podem ser configurados para atuar como roteadores, formando uma topologia de rede *mesh*, ou malha.

Desta maneira é possível expandir a rede conforme a necessidade. A responsabilidade pelos tratamentos e controle para garantir que as mensagens estão sendo transmitidas com sucesso entre os módulos é do próprio *firmware* do *XBee*, que respeita as regras e normas especificadas pelo padrão *Zigbee*.

O módulo *Xbee* é um dos principais componentes que serão utilizados no projeto, só pelo fato de ter o protocolo *zigbee* já embarcado em seu microcontrolador é uma grande vantagem. Os módulos *Xbee* serão os nós da rede e será de responsabilidade deles a comunicação entre cada nó sensor e a central.

2.2.3.3 XBEE SHIELD

O *Xbee Shield* permite a uma placa Arduino se comunicar sem fios usando *Zigbee*. Baseia-se no módulo de *Xbee MaxStream*. O módulo pode comunicar até 100 pés dentro de casa ou 300 pés ao ar livre. Ele pode ser usado como um substituto de série / USB ou você pode colocá-lo em um modo de comando e configurá-lo para uma variedade de opções de rede. Foi criado em colaboração com *Libelium*, que o desenvolveu para uso em seus componentes na criação de redes de sensores (Arduino, 2015). No projeto o *Xbee Shield* será utilizado para conectar o Arduino a um módulo *Xbee Antenna*. A Figura 11 é de um módulo XBee Shield para Arduino.

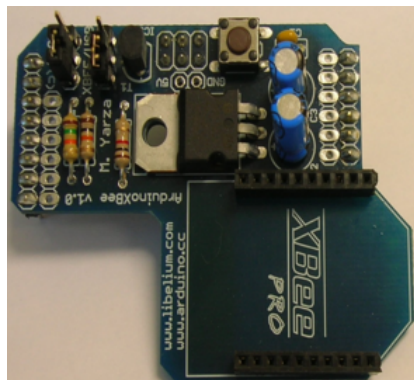


Figura 11: XBee Shield para Arduino

Fonte: <http://labnet.nce.ufrj.br/cia2/>

2.2.3.4 XBEE EXPLORER

O *XBee Explorer USB Adapter* é utilizado para a configuração de parâmetros do módulo *XBee*, facilitando a transmissão sem fio de dados. Pode ser facilmente conectado a um computador via cabo *USB mini* Arduino (2015). Será utilizado para configurar todos os módulos *Xbee*

utilizados na construção da RSSF. A Figura 12 mostra um adaptador XBee Explorer.



Figura 12: XBee Explorer USB Adapter

Fonte: <https://www.adafruit.com/products/126>

3 METODOLOGIA

Esta seção descreve os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento do projeto. Os passos descritos a seguir descrevem sucintamente as etapas e como o projeto será elaborado.

1. Levantamento teórico das tecnologias

O primeiro passo do projeto é compreender o funcionamento das tecnologias empregadas. Para isso é necessário realizar um estudo sobre o protocolo *Zigbee*, suas principais características e vantagens de sua utilização em relação a outras tecnologias sem fio, como *Bluetooth* e IEEE 802.11b, o *Wireless*. Estudar sobre os componentes que serão utilizados, o módulo *Xbee*, compreendendo suas particularidades e funcionamento. Da mesma forma, é necessário estudar a respeito da plataforma de prototipagem eletrônica Arduino e sobre a utilização do sensor DHT11 de umidade e temperatura do ar.

2. Desenvolver os algoritmos de comunicação

Após realizar o levantamento teórico e entender como cada tecnologia funciona, é necessário desenvolver os algoritmos para estabelecer a comunicação entre o Arduino e os sensores.

3. Desenvolver algoritmos de captura

Nesta etapa, serão desenvolvidos os algoritmos para realizar a captura e aferir os níveis de temperatura e umidade relativa do ar.

4. Implementar a rede de sensores sem fio

Nesta fase do projeto será de fato implementada a rede de sensores sem fio. Será estabelecida a comunicação entre o Arduino e cada módulo *Xbee*, previamente configurado utilizando o *XBee Explorer*. Onde em cada nó da rede juntamente com um *Xbee* antena será conectado um sensor DHT11. Os dados coletados serão armazenados em um cartão de memória SD ou em uma base de dados utilizando o SGBD MySQL.

5. Comunicar a RSSF com o servidor

Nesta etapa será estabelecida a comunicação da RSSF com um servidor, onde os dados a respeito da qualidade do ar serão armazenados para posteriormente serem disponibilizados através de uma página web. Os dados serão salvos em uma base de dados utilizando o SGBD MySQL para isso.

6. Desenvolvimento da página web

Realizar o desenvolvimento da página web onde serão disponibilizadas para visualização as informações a respeito da qualidade do ar, sendo estas sobre os níveis de umidade e temperatura do ar.

7. Testes

Uma vez que a rede estiver funcionando, serão realizados testes para verificar a comunicação entre os componentes. Também serão desenvolvidos os testes para avaliar o grau de precisão dos níveis aferidos. Caso os resultados não sejam positivos, nesta mesma etapa serão corrigidas eventuais falhas até obter os resultados esperados.

8. Avaliação dos resultados

Por fim, os resultados obtidos serão avaliados e descritos de forma clara, descrevendo detalhadamente os cenários e ambientes em que a ferramenta foi testada e como se comportou.

4 CRONOGRAMA

Nesse capítulo é apresentado o cronograma de atividades do projeto de TCC. As atividades marcadas na cor cinza já foram concluídas, as marcadas com a cor preta ainda serão realizadas.

Atividades	TCC1						TCC2					
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Revisão dos apontamentos da banca												
Revisão Bibliográfica												
Levantamento teórico das tecnologias												
Escrita do projeto												
Defesa do projeto												
Desenvolver os algoritmos de comunicação												
Desenvolver os algoritmos de captura												
Implementar a rede de sensores sem fio												
Comunicar a rede com o servidor												
Desenvolvimento da página web												
Testes												
Avaliação dos resultados												
Elaboração da apresentação final												
Defesa final												

Figura 13: Cronograma de atividades

Fonte: O autor

5 DESENVOLVIMENTO

Nesta seção será descrito todo projeto, dividindo e descrevendo cada fase bem como suas principais características em etapas. O projeto será desenvolvido com recursos próprios, sendo de total responsabilidade do autor a aquisição dos materiais necessários.

5.1 RSSF

A RSSF é a parte principal do projeto e ao mesmo tempo que representa grande importância para o trabalho será um dos maiores desafios no desenvolvimento. É formada por nós sensores e um nó central, os nós sensores serão responsáveis por medir os níveis de temperatura e umidade do ar, enquanto ao nó central cabe receber estes dados e enviar para uma base em um servidor. Configurar toda a rede comunicando cada um dos nós entre si e enviar os dados coletados para a base será uma tarefa complexa. A seguir estão descritos os principais aspectos da RSSF bem como componentes utilizados.

5.1.1 NÓS SENSORES

Cada nó sensor da rede será composto por um módulo *XBee Antenna*, responsável pela comunicação, ligado a um sensor DHT11 que por sua vez faz a aferição dos níveis de temperatura e umidade do ar. Estes sensores poderão se comunicar entre si ou diretamente com o nó central da rede. Uma vez que os dados forem coletados serão enviados ao nó central da rede.

5.1.2 NÓ CENTRAL

Este nó será composto por um módulo *XBee Antenna* ligado ao Arduino Rev 3 através de um *XBee Shield*. O módulo *XBee* servirá para estabelecer comunicação com os nós sensores. Através do Arduino, precisamente utilizando o módulo *Ethernet Shield*, os dados recebidos dos nós sensores serão enviados para um servidor, onde irão ser salvos em uma base de dados

utilizando o SGBD MySQL.

5.2 SERVIDOR E PÁGINA WEB

Depois que os dados forem obtidos pelos nós sensores e enviados ao nó central da rede, estes dados serão enviados para um servidor, no qual serão salvos em um banco de dados, utilizando o SGBD MySQL. Feito isso, os níveis de temperatura e umidade do ar serão disponibilizados para visualização através de uma página web. A Figura 14 mostra como vai ficar a página web.

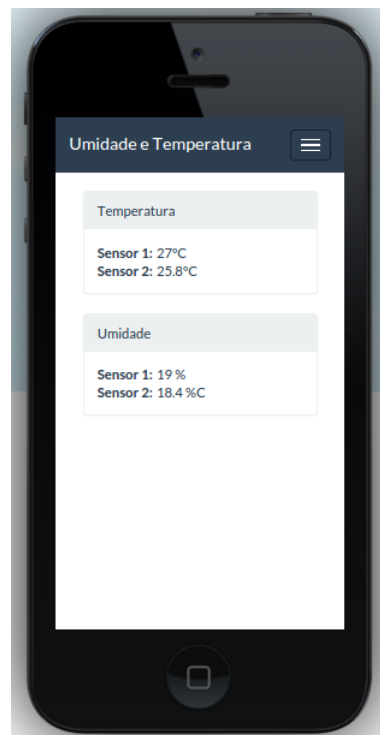


Figura 14: Página web: Layout responsivo

Fonte: O autor

5.3 FLUXO DE DADOS

O fluxo de dados do projeto se dará da seguinte forma: Os nós sensores serão responsáveis pela aferição dos níveis de umidade e temperatura do ar, capturados pelo sensor DHT11 conectado a cada XBee Antenna. Assim que os dados forem captados serão enviados ao nó central, se comunicando através do módulo XBee Antenna. Quando o nó central receber estes dados irá enviá-los ao servidor, onde serão armazenados na base de dados com o SGBD MySQL. Feito isso, os dados estarão prontos para serem utilizados pela página web, onde as

informações sobre temperatura e umidade do ar poderão ser visualizadas através de um dispositivo com conexão a internet. A Figura 15 mostra um diagrama geral do funcionamento da RSSF.

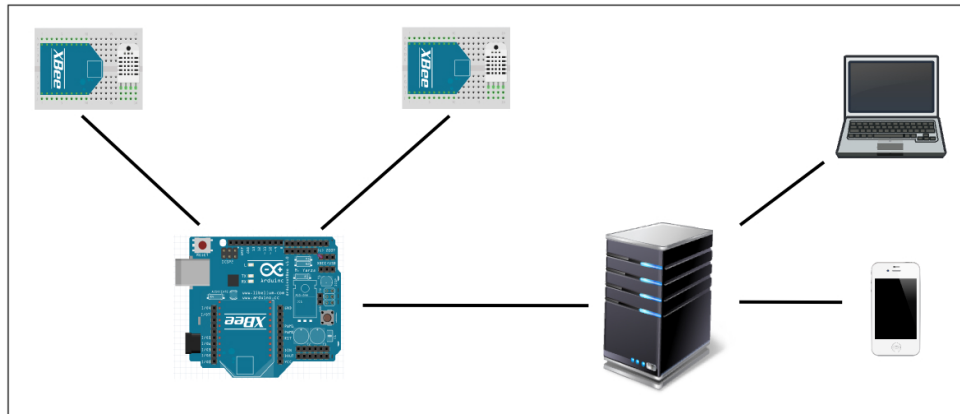


Figura 15: Esquema geral da RSSF

Fonte: O autor

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O grande foco do trabalho é poder de fato ajudar nas áreas de redes de sensores sem fio e monitoramento da qualidade do ar, além de contribuir para evitar problemas de saúde. Ao fim do projeto espera-se ter uma plataforma capaz de aferir se os níveis de umidade do ar e temperatura em diversos pontos de um ambiente estão ou não seguros para presença de seres humanos, contribuindo para evitar problemas de saúde e diminuição de desempenho no trabalho.

As principais dificuldades encontradas foram com respeito ao protocolo *Zigbee*, compreender suas características e funcionamento. De maneira geral até aqui o projeto tem sido um grande desafio, mas tão grande quanto a dificuldade um valioso aprendizado vem sendo adquirido, em diversas áreas da computação. Portanto o saldo até aqui é positivo, os desafios não serão diferentes daqui para frente na implementação da segunda fase do projeto, mas o conhecimento conquistado e a possibilidade de colocar em prática as habilidades adquiridas ao longo do curso são gratificantes.

REFERÊNCIAS

- ADAFRUIT. **DHT temperature and humidity sensors**. 2012. Acesso em: 11 Nov. de 2015. Disponível em: <<https://learn.adafruit.com/dht>>.
- AKYILDIZ, I. F.; KASIMOGLU, I. H. Wireless sensor and actor networks: research challenges. **Science Direct**, Elsevier, v. 74, n. 4, p. 23, 2004.
- ARDUINO. **What is Arduino?** 2015. Acesso em: 11 Nov. de 2015. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>.
- CEPAGRI. **Escala psicrométrica Unicamp para indicação de níveis de umidade relativa do ar prejudiciais à saúde humana**. 2009. Acesso em: 14 Set. 2015. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/artigos-especiais/umidade-do-ar-saude-no-inverno.html>>.
- ESCHNER, R. H. Sistema de automação residencial baseado em sensores zigbee. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 38, 2011.
- FARAHANI, S. **Zigbee Wireless Networks and Transceivers**. Burlington, MA 01803, USA: Elsevier, 2008.
- FILHO, L. H. S. Desenvolvimento de uma rede de sensores sem fio para aplicacoes diversas. Trabalho de conclusão de curso Universidade de Pernambuco, p. 80, 2011.
- IAN, F. A. et al. A survey on sensor networks. **IEEE Communications Magazine**, Georgia Institute Technology, v. 9, n. 4, p. 102–114, 2002.
- IIDA, I. **Ergonomia Projeto e produção**. São Paulo, BR: Edgard Blucher, 2005.
- RAMOS, J. de S. B. **Instrumentação Eletrônica Sem Fio**. [S.l.]: Editora Érica, 2012.
- SILVA, T. L.; ALMEIDA, V. d. C. **Influência do calor sobre a saúde e desempenho dos trabalhadores**. 2010. In: SIMEPRO, IV., 2010, Maringá. **Anais eletrônicos...** Maringá: SIMEPRO, 2010. Acesso em: 9 set. 2015. Disponível em: <<http://www.dep.uem.br/simepro/4/files/artigos/1283095871.pdf>>.