



Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária  
Christiane Maria Montenegro Sá Lins CRB/3 - 952

S729m

SOUZA, Jefferson Jardim Izaias de

Monitoramento de uma rede de sensores sem fio com hardware livre/ Jefferson Jardim Izaias de Souza. – Parnaíba: UESPI/ Universidade Estadual do Piauí, 2012.

40 f.

Orientador: M.Sc. Francisco das Chagas Rocha

Co-orientador: Esp. Paulo Rodrigues S. Filho

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Universidade Estadual do Piauí, UESPI, Curso de Bacharelado em Ciência da Computação, 2012.

1. Redes de computadores. I. Rocha, Francisco das Chagas. II. Universidade Estadual do Piauí. III. Título.

CDD 004.6

**JEFFERSON JARDEM IZAIAS DE SOUZA**

**MONITORAMENTO DE UMA REDE DE SENSORES SEM FIO COM HARDWARE**

**LIVRE**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Campus Prof. Alexandre Alves de Oliveira, como parte das exigências da disciplina de Estágio Supervisionado, requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. M.Sc. Francisco das Chagas Rocha  
Co-orientador: Esp. Paulo Rodrigues do S. Filho

**PARNAÍBA  
2012**



**JEFFERSON JARDEM IZAIAS DE SOUZA**

**MONITORAMENTO DE UMA REDE DE SENSORES SEM FIO COM HARDWARE  
LIVRE**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Campus Prof. Alexandre Alves de Oliveira, como parte das exigências da disciplina de Estágio Supervisionado, requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

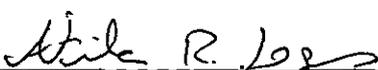
Orientador: Prof. M.Sc. Francisco das Chagas Rocha

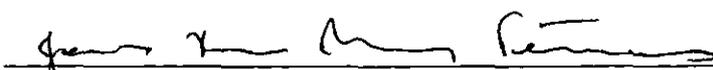
Co-orientador: Esp. Paulo Rodrigues do S. Filho

Monografia Aprovada em: 24 de agosto de 2012.

Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. M. Sc. Francisco das Chagas Rocha  
UESPI/Parnaíba – Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Esp. Atila Rabelo Lopes  
UESPI/Parnaíba – Avaliador Interno

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Esp. Jacks Renan Neves Fernandes  
IFPI/Parnaíba – Avaliador Externo

## **DEDICATÓRIA**

Dedico a minha família e a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente e que sempre estarão ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por permitir alcançar mais este objetivo, pois ele é minha fortaleza. Agradeço também aos meus Familiares que sempre me deram força acreditando em mim em especial minha mãe e minha avó, aos companheiros que na faculdade fizeram parte dessa etapa da minha jornada acadêmica.

Aos amigos em geral. Aos meus orientadores que muito contribuíram para a concretização deste trabalho e a todos os meus professores que comigo compartilharam os seus conhecimentos.

Por último, mas não menos importante, agradeço a minha noiva pela compreensão, paciência e amor, fundamentais nessa trajetória.

A todos um muito Obrigado.

**“Elevo meus olhos para os montes: de onde me virá o socorro?  
O meu socorro vem do SENHOR, que fez o céu e a terra.” Salmos 121 : 1-2.**

## RESUMO

Com a expansão tecnológica na qual vivemos toda e qualquer informação é valiosa sendo importante o controle sobre a mesma, independente da sua natureza, podendo ser ela relacionada à temperatura de uma câmara frigorífica de vacinas ou a incidência de luz sobre um ambiente qualquer. Este trabalho apresenta um estudo sobre a criação e monitoramento de uma Rede de Sensores Sem Fio, criada a partir da utilização de hardware e software livre, para aferição de dados obtidos em ambientes físicos, visando o controle das informações. Utilizou-se da plataforma Arduino para criação de tal rede, como alternativa para equipamentos já existentes, e de sensores de luminosidade e temperatura para captura de dados. Na rede os nós são responsáveis pelo envio dos dados obtidos pelos sensores ao servidor por meio do protocolo ZigBee, onde uma aplicação desenvolvida em Python irá captar, tratar os dados e por fim armazená-los em uma base de dados, permitindo que uma análise possa ser feita por meio da apresentação de gráficos criados pela aplicação.

**Palavras-chaves:** Rede de Sensores sem Fio. Arduino. Protocolo ZigBee. Python.

## **ABSTRACT**

With the expansion of technology in which we live any information is valuable and important control on it, regardless of its nature, it may be related to the temperature of a refrigerated vaccine and the incidence of light on any environment. This paper presents a study on the creation and monitoring of a Wireless Sensor Network, created from the use of hardware and free software for measurement data obtained in physical environments, for the control of information. We used the platform Arduino to create such a network, as an alternative to existing equipment and sensors to capture light and temperature data. The network nodes are responsible for sending the data obtained by the sensors to the server via the ZigBee protocol, where an application developed in Python will capture, process the data and finally store them in a database, enabling an analysis can be done through the presentation of graphics created by the application.

**Keywords:** Wireless Sensor Network. Arduino. ZigBee Protocol. Python.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Exemplo de aplicações de sensores wireless.....             | 19 |
| Figura 2 – Cinco componentes da comunicação de dados. ....             | 24 |
| Figura 3 – Possibilidades de dispositivos ZigBee numa residência. .... | 25 |
| Figura 4 – Modelo de uma placa Seeeduino Stalker. ....                 | 26 |
| Figura 5 – Modelo de uma placa UartSBee V3.1. ....                     | 27 |
| Figura 6 – Modelo de uma placa XBee Série 1. ....                      | 28 |
| Figura 7 – Sensor DHT11.....   | 29 |
| Figura 8 – Sensor ELB102C5M. ....                                      | 29 |
| Figura 9 – Arquitetura do protótipo.....                               | 30 |
| Figura 10 – IDE Arduino. ....  | 31 |
| Figura 11 – Software X-CTU Aba PC Settings.....                        | 32 |
| Figura 12 – Software X-CTU Aba Modem Configuration.....                | 33 |
| Figura 13 – Topologia Ponto-Multiponto Broadcast.....                  | 34 |
| Figura 14 – Oscilação da atividade do sensor de luminosidade. ....     | 35 |
| Figura 15 – Oscilação da atividade do sensor de temperatura.....       | 37 |

## **LISTA DE QUADROS**

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1 – Elementos a serem automatizados utilizando tecnologia wireless. ....                      | 18 |
| Quadro 2 – Características do módulo XBee. ....  | 28 |
| Quadro 3 – Código fonte da configuração do nó <i>End Device</i> para leitura e envio dos dados. .... | 35 |

## **LISTA DE SIGLAS**

|                |  |
|----------------|--|
| <b>RSSF</b>    | <b>Redes de Sensores sem Fio</b>                 |
| <b>ARPANET</b> | <b>Advanced Research Project Agency Network</b>  |
| <b>DARPA</b>   | <b>Defense Advanced Research Projects Agency</b> |
| <b>LAN</b>     | <b>Local Area Network</b>                        |
| <b>MIT</b>     | <b>Massachusetts Institute of Technology</b>     |
| <b>GNU</b>     | <b>Gnu Is Not Unix</b>                           |
| <b>DIY</b>     | <b>Do It Yourself</b>                            |
| <b>RISC</b>    | <b>Reduced Instruction Set Computer</b>          |
| <b>GPL</b>     | <b>GNU Public Licence</b>                        |
| <b>RTC</b>     | <b>Real-Time Clock</b>                           |
| <b>PWM</b>     | <b>Pulse-Width Modulation</b>                    |
| <b>PAN</b>     | <b>Personal Area Network</b>                     |

## SUMÁRIO

|  |     |
|--|-----|
| 1 INTRODUÇÃO.....                        | 13  |
| 1.2 Objetivos do Trabalho.....           | 155 |
| 1.2.1 Objetivo Geral.....                | 155 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos.....         | 155 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....             | 16  |
| 2.1 Redes de Computadores.....           | 16  |
| 2.2 Redes de Sensores Sem Fio .....      | 17  |
| 2.3 Software Livre .....                 | 20  |
| 2.4 Hardware Livre.....                  | 21  |
| 2.5 Sensores e Atuadores sem fio .....   | 23  |
| 2.6 Comunicação de Dados .....           | 23  |
| 2.7 Protocolo ZigBee .....               | 25  |
| 3 IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO.....        | 26  |
| 3.1 Configuração de Hardware .....       | 26  |
| 3.2 Arquitetura e Análise .....          | 29  |
| 3.3 Configuração do Software .....       | 30  |
| 4 ANÁLISE DO MONITORAMENTO DA RSSF ..... | 34  |
| 5 CONCLUSÕES .....                       | 38  |
| REFERÊNCIAS .....                        | 40  |

## 1 INTRODUÇÃO

As redes de computadores têm evoluído constantemente desde o seu surgimento e a necessidade do homem tem sido o combustível para essa evolução. As grandes corporações empresariais, os ambientes domésticos, as instituições de ensino e em vários outros setores têm implantado esses dispositivos que interligados entre si podem compartilhar recursos físicos e lógicos. Em conformidade com o pensamento de Tanenbaum (2003) “[...] o velho modelo de um único computador atendendo a todas as necessidades computacionais da organização foi substituído pelas chamadas redes de computadores, nas quais os trabalhos são realizados por um grande número de computadores separados, mas interconectados”.

A comunicação estabelecida entre as redes está bem difundida, o principal exemplo dessa afirmação é a Internet que faz o uso de protocolos para estabelecer conexões de comunicação e assim envia ou recebe informações possibilitando a troca de informações entre usuários do mundo inteiro, os valores agregados nessa comunicação a tornam muito importante, uma vez que mantém ativo o fluxo de dados necessário para o desenvolvimento de qualquer organização.

Outra grande área que está ligada às redes de computadores são as Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) que diferem das redes tradicionais em muitos aspectos. Normalmente, essas redes possuem um grande número de nós distribuídos, que são elementos computacionais com capacidade de processamento, memória, interface de comunicação sem fio. E eles têm restrições de energia e devem possuir mecanismos de autoconfiguração e adaptação, devido a problemas como falhas de comunicação e perda de nós. Os desafios e considerações de projeto de RSSF vão muito além das redes tradicionais.

Neste trabalho é demonstrada a criação de um protótipo de uma Rede de Sensores Sem Fio com hardware livre. Através de seu monitoramento são propiciados muitos benefícios aos usuários que aderirem a essa inovação, como o controle de luminosidade em edificações, havendo a possibilidade de moderação do consumo de energia; o controle de temperatura para mensurar o melhor ambiente que atenda aos requisitos especificados por um usuário. Por exemplo, nas empresas que trabalham com materiais inflamáveis é fundamental haver o controle dessa temperatura ambiente para diminuir riscos de explosões.

Esta monografia está dividida em cinco capítulos, incluído este, que aborda conceitos introdutórios sobre temas norteadores para este trabalho.

No segundo capítulo são apresentados conceitos sobre as redes de computadores, quais os tipos de redes e enfatiza sobre o modelo de Rede de Sensores Sem Fio, onde são abordados conteúdos literários que foram pesquisados para elaboração do protótipo. O segundo capítulo ainda descreve todo conteúdo bem como suas minúcias, necessárias para a criação do projeto, objetivando o esclarecimento dos fundamentos para o estabelecimento e funcionamento das RSSF e seus aspectos mais importantes, levando em conta o uso de tecnologias livres como uma alternativa para tecnologias proprietárias.

No terceiro capítulo são detalhadas as tecnologias utilizadas, descrevendo a arquitetura do hardware e seu funcionamento, bem como o uso do software necessário para customizar os parâmetros triviais para a configuração adequada do hardware, podendo assim estabelecer conexão entre os nós.

O quarto capítulo é dedicado a explanação sobre a topologia da rede proposta seguida pela descrição sobre as ferramentas de desenvolvimento, como o software aplicado ao microcontrolador e o software encarregado de receber os dados e armazenar no banco de dados, permitindo a exibição dos dados na forma de gráfico podendo assim possibilitar o monitoramento e análise dos mesmos.

O quinto capítulo trata das conclusões obtidas com uma breve análise sobre a viabilidade do hardware livre para estabelecimento de uma RSSF, propostas de melhorias e aplicações futuras.

## **1.2 Objetivos do Trabalho**

Para a aquisição de conhecimento sobre o problema, orientamo-nos a partir de objetivos esclarecedores, priorizando um procedimento técnico experimental, onde foi selecionado o objeto de estudo, determinaram-se as variáveis capazes de influenciá-lo e definiu-se as formas de controle e observação dos efeitos que as variáveis produzem no mesmo.

### **1.5.1 Objetivo Geral**

Demonstrar através do monitoramento e do controle de dados obtidos em ambientes físicos, a viabilidade de inserção de uma RSSF criada a partir de tecnologias livres.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

1. Elaborar um protótipo de rede de sensores sem fio.
2. Demonstrar a viabilidade de inserção das RSSF em ambientes físicos.
3. Demonstrar as possibilidades de utilização do Hardware Livre em RSSF.
4. Realizar o monitoramento de dados via gráficos do protótipo de RSSF.
5. Monitorar o nível de iluminação de setores.
6. Monitorar o nível de temperatura de temperatura de setores.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Redes de Computadores

A primeira rede de computadores propriamente dita foi a Advanced Research Project Agency Network (ARPANET) criada no final da década de 60 proposta pelo Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), sendo ela um ancestral da Internet da qual conhecemos hoje; a mesma interligava quatro grandes centros de pesquisas da época, que eram Stanford Research Institute, University of California, Los Angeles, University of California, Santa Barbara e University of Utah, todas localizadas no Estados Unidos da América, não seguindo sua proposta inicial que era compartilhar recursos computacionais entre os fornecedores do governo. Em conformidade com o pensamento de Mendes (2007), a ARPANET passou a ser utilizada para fins de pesquisas e colaboração entre as entidades de pesquisas conectadas, permitindo que os laboratórios trocassem informações entre si. Desde o seu surgimento o crescimento das redes de computadores tem sido evidente, essa afirmação é representada em todas as áreas. Segundo COMER (2007, p. 33):

A ligação de computadores em rede é usada em cada aspecto dos negócios, incluindo propaganda, produção, transporte, planejamento, faturamento e contabilidade. Consequentemente, a maioria das corporações tem múltiplas redes. As instituições de ensino, em todos os níveis, do fundamental à pós-graduação, estão utilizando redes de computadores para fornecer a estudantes e professores acesso instantâneas em bibliotecas on-line em todo o mundo. Escritórios governamentais em níveis federal, estadual e municipal utilizam redes, assim como organizações militares. Em resumo as redes de computadores estão em toda parte.

As redes de computadores estão classificadas em três tipos básicos: as redes locais, redes metropolitanas e redes geograficamente distribuídas, sendo que o diferencial entre estas é determinado pelo tamanho, pelo tipo de domínio, pela distância geográfica que ela cobre e pela sua arquitetura física (FOROUZAN, 2004 p. 42). Dentre as classificações definidas anteriormente é necessário aboçdar-se, para a devida contextualização do conteúdo a que este se insere, apenas sobre as redes locais ou rede de área local (Local Área Network – LAN).

As redes locais podem ser formadas por dois computadores pessoais e uma impressora dentro de um escritório ou por dezenas de dispositivos interligados numa empresa ou em outro tipo de organização permitindo o compartilhamento de recursos sejam hardwares,

softwares ou dados. Para que haja comunicação entre os dispositivos dispostos numa LAN é preciso que haja um padrão de envio e recebimento dos dados, o mais utilizado em redes é o *Ethernet*<sup>1</sup>, que se encontra em constante avanço quanto a sua capacidade de transmissão, ele foi desenvolvido para que houvesse maior velocidade na comunicação entre os dispositivos.

O padrão Ethernet é também utilizado pelas redes sem fio ou redes *wireless*, que desde a criação da comunicação via onda eletromagnética vem ganhando destaque na área de tecnologia da informação devido seus recursos possibilitarem a sua utilização com menores limitações de distância como as redes cabeadas, ou seja, a computação *wireless* só tende a crescer sob esses parâmetros de conectividade sem fio, seu uso não é restrito apenas para troca de dados entre usuários, pode, por exemplo, ser o canal de comunicação aos sensores, atuadores e equipamentos que compõem uma RSSF.

Em conformidade com a visão de JARDIM (2007, p. 7), o mundo está prestes a entrar, ou se já não está na era da computação ubíqua, que consiste na filosofia do computador estar presente na grande maioria dos equipamentos que fazem parte do nosso cotidiano, nos auxiliando de forma transparente em tarefas, utilizando recursos oferecidos à rede sem fio de computador.

## 2.2 Redes de Sensores Sem Fio

As RSSF são caracterizadas por sua capacidade de mobilidade, elas são compostas por vários dispositivos distribuídos para monitorar uma área de interesse; esses dispositivos são denominados de nós sensores. Conforme Loureiro (2006), “[...] as RSSF são caracterizadas como uma tecnologia emergente, com funções de monitoramento, instrumentação e possivelmente controle do mundo físico”. Elas possuem os mais diversos sensores, que geralmente são alimentados por uma bateria. A vida útil do nó depende de uma série de fatores sejam eles físicos, como o hardware, ou não físicos, como algoritmos de roteamento.

Numa rede tradicional a relação transmissor-receptor é muito importante, por outro lado, em uma RSSF isso não tem tanta significância, tendo real importância a integridade do dado em si, essa filosofia denomina-se *data-centric-networking*. Numa Rede

---

<sup>1</sup> <http://www.ieee.org/index.html>

de sensores são delimitados três requisitos organizacionais principais: a infraestrutura, a pilha de protocolos e a aplicação.

A infraestrutura consiste nos nós da rede e sua disposição no ambiente, elas são compostas por alguns nós de escoamento de dados, conhecidos por sorvedouros, eles por sua vez são nós com o poder computacional maior e fazem a interface entre a aplicação e a rede, servindo de ponto de entrada para a submissão dos interesses da aplicação e de concentrador das informações enviadas pelos nós sensores. A pilha de protocolos é constituída pelas camadas de aplicação, transporte, rede, enlace de dados e camada física. A aplicação emite consultas e indica instruções a serem realizadas, como o acionamento de atuadores.

Portanto, o conhecimento de nível de aplicação deve ser aproveitado pela rede para que ela possa alcançar uma maior eficiência em termos de consumo de energia prolongando, assim, seu tempo de vida. Para Loureiro (2002) a arquitetura de uma RSSF é formada por basicamente cinco componentes: o Rádio (que efetua a comunicação sem fio entre os nós), a Memória (que geralmente bastante restrita, armazena o microkernel, as aplicações e dados resultantes de sensoriamento), o Processador/Microcontrolador (é a CPU do nó sensor), a Bateria (que provê energia para o nó) e a Placa de sensoriamento (*Sensor-board*) (que pode conter mais de um tipo específico de dispositivo de sensoriamento, para detecção de umidade, luz, temperatura, pressão, etc.).

As RSSF podem ser utilizadas nos mais diversos meios físicos, principalmente em ambientes que proporcionem interações com os indivíduos que nele estão inseridos, como por exemplo, em edifícios, residências, colégios, indústrias, etc. Pode-se encontrar no quadro 1 uma relação de funcionalidades aplicadas através da tecnologia *wireless* nos meios físicos e a tecnologia que pode ser empregada nas mesmas:

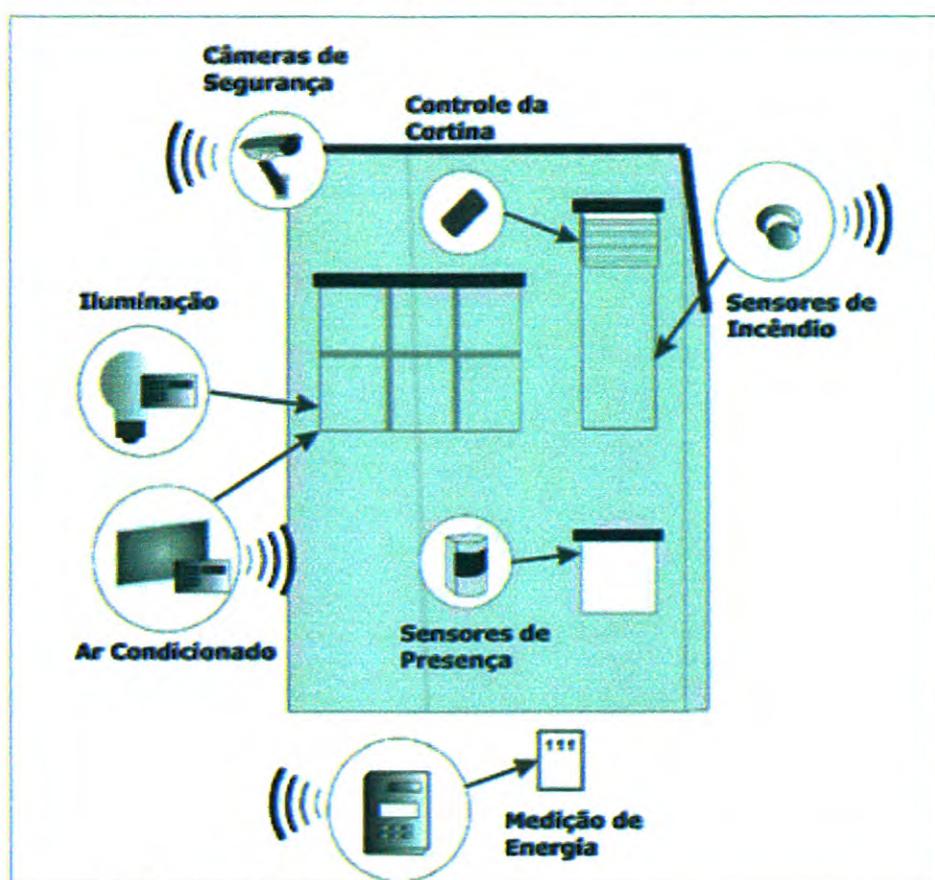
Quadro 1 – Elementos a serem automatizados utilizando tecnologia wireless.

| Elementos a serem automatizados        | Tecnologia                   |
|--|------------------------------|
| Ar condicionado                        | Protocolo ZigBee             |
| Iluminação                             | Protocolo ZigBee             |
| Bombas de água                         | Protocolo ZigBee             |
| Alarmes de incêndio                    | Protocolo ZigBee             |
| Segurança e controle de acesso         | Protocolo ZigBee e Bluetooth |
| Redes LAN – computadores e periféricos | Bluetooth, IEEE 802.11 b/g   |
| Redes LAN - dados, voz e vídeo         | Bluetooth, IEEE 802.11 b/g   |

Fonte: MONTEBELLER (2011).

Os itens descritos no quadro 1 são exemplos de automações que podem ser implementadas através das tecnologias Bluetooth, IEEE 802.11b/g<sup>2</sup> e ZigBee<sup>3</sup>. Essas embora tenham diferentes características podem ser utilizadas no mesmo ambiente de forma concomitante. Na figura 1 demonstram-se através da utilização de sensores, algumas possibilidades de verificar medições que podem ser monitoradas e conseqüentemente controladas pelas suas grandezas físicas como a temperatura, energia, iluminação, energia, dentre outras.

Figura 1 – Exemplo de aplicações de sensores wireless.



Fonte: CHIPCON (2012).

É cada vez mais comum ver esses sensores auxiliando no monitoramento das residências. Podendo criar alertas sobre incêndios, invasões ou até mesmo desperdícios de energia; cabendo ao usuário tomar uma decisão ou deixar a cargo do próprio sistema para

<sup>2</sup> Protocolo de comunicação para redes locais sem fios, utilizada para interligar equipamentos fixos ou móveis.

<sup>3</sup> É um padrão proposto por inúmeras empresas afim de especificar o uso do protocolo que utiliza-se da norma IEEE 802.15.4 para transmissão de dados.

tomada de decisão com a utilização de atuadores, como no caso da cortina onde o sistema toma a decisão de abrir ou fechar de acordo com a luminosidade.

## 2.3 Software Livre

Software que caracteriza-se por possuir o código fonte aberto, significando que qualquer usuário tem liberdade de alterar e participar da construção do mesmo, diferentemente do software proprietário que não possui essa política. O software livre foi idealizado inicialmente por Dennis Allison em 1975, sendo nessa data apenas um sonho para poucos e devaneio para muitos. No início da década de 80 Richard Stallman, até então pesquisador do laboratório de Inteligência Artificial do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), deu início ao projeto *Gnu Is Not Unix* (GNU), tendo por objetivo criar um sistema operacional livre que fosse uma alternativa para o sistema Unix, porém capaz de rodar programas do mesmo. Em 1984, Stallman decide criar a comunidade *Free Software Foundation* (FSF), onde muitos adeptos trocavam mensagens contendo trechos de códigos, sendo esse o início da difusão do software livre.

Tempos depois da criação da FSF um matemático Finlandês da Universidade de Helsinki, Linus Torvalds, anuncia em um grupo de discussão na internet que havia criado um kernel para os sistemas operacionais do tipo Unix, o que ele mesmo definia como algo não tão profissional quanto o GNU, mas apenas um *hobby* (FLYNN e MCHOES, 2002), porém esse kernel se tratava de um software livre que ele batizara de Linux, um espécie de junção de Linus com o sistema Unix, não demorando muito para que diferentes tipos de usuários simpatizassem com a ideia ajudando no amadurecimento e crescimento do sistema que mais tarde o faria se juntar ao projeto GNU e nasceria daí o sistema operacional conhecido como GNU/Linux.

O software Livre está sustentado por quatro leis que regem os princípios básicos que definem se um software é realmente livre ou não (GNU, 2011):

- A liberdade de executar o programa, para qualquer propósito;
- A liberdade de estudar como o programa funciona, e adaptá-lo para as suas necessidades;
- A liberdade de redistribuir cópias de modo que você possa ajudar ao seu próximo;
- A liberdade de aperfeiçoar o programa, e liberar os seus aperfeiçoamentos, de modo que toda a comunidade se beneficie.

Essas liberdades são básicas e através delas os usuários têm direito de usar, estudar, modificar e redistribuir, isso quando o mesmo usufrui dos benefícios proporcionados pelo uso do software livre, não tendo que pedir ou pagar pelas permissões uma vez que essas liberdades são irrevogáveis desde que o usuário não faça nada de errado; não sendo assim o software não é livre (GNU, 2011).

Tratando-se de software não se pode deixar de citar as licenças, que são especificações ou condições que devem ser seguidas pelos usuários, indicando quais os seus direitos em relação ao uso de determinado produto que pode ser: um software, uma documentação ou mesmo trabalhos em geral não necessariamente apenas software ou documentação. Atualmente existem inúmeras licenças de software livre, onde nada impede que cada software livre possua sua própria licença, é o que geralmente acontece com software proprietários, desde que atenda as quatro liberdades básicas. Desta vasta gama de licenças existentes a mais usada e conhecida é a GPL. Esta licença baseia-se em princípios dos direitos autorais para proteger o software livre, impedindo que terceiros o transforme em proprietário (SILVEIRA, 2004, p. 19). Isso porque ela incorpora conceitos de *copyleft*, que nada mais é que uma normativa que faz uso do copyright, ou seja, restrições do autor para garantir a liberdade de cópia.

## 2.4 Hardware Livre

Devido ao sucesso do software livre no fim da década de 90, engenheiros inspirados pelo movimento de liberdade provocado pelo software vem buscando maneiras de formalizar estes conceitos, antes utilizados somente no software, também no hardware. Porém, em se tratando de hardware existem algumas peculiaridades inerentes a sua liberação, pois é simples duplicar um software e criar inúmeras cópias do mesmo, entretanto, com hardware não é bem assim, logo que o equipamento utilizado é adquirido através de meios financeiros, então existe um custo, e este por possuir essas peculiaridades ainda não possui uma distinção fixa a respeito de Hardware Aberto e Hardware Livre, estando isso ainda em discussão (IBM, 2011).

Pelo fato de ser um pouco diferente, em certo sentido, o hardware não é verdadeiramente livre. Conforme foi dito, existe um certo custo e alguém terá que pagar por esse material sólido adquirido, o hardware em si, que é um produto e que “devem obedecer a física dura dos átomos, não dos bits” (ANDERSON, 2006, p. 153), porém, um equipamento

eletrônico nada mais é do que a materialização de uma ideia. Dessa forma, este conceito de liberdade encaixa perfeitamente aos diagramas, esquemas e demais documentos utilizados, por exemplo, o código fonte que é executado no hardware que pode ser de código aberto e disponível. O uso desses documentos de construção do hardware é mais complicado pelo fato de que uma ideia relacionada ao hardware normalmente tem uma patente, e que em muitos casos é bem genérica; o que torna ainda mais difícil o desenvolvimento de algo livre que esteja na abrangência desta patente.

Aos poucos os projetos de hardware livre vêm ganhando espaço e os mais diversos tipos de colaboradores, sejam eles desenvolvedores, engenheiros ou hobistas, adeptos da filosofia *Do It Yourself* (DIY) do inglês, Faça Você Mesmo, tendo simpatizantes do movimento livre espalhados pelo mundo inteiro, onde criam e participam de inúmeras comunidades virtuais ajudando na disseminação e criação de ideias formadas no âmbito da liberdade do conhecimento.

Atualmente existem vários projetos de hardware livre que estão dando certo. Dentre os mais variados tipos destacam-se os projetos da gigante IBM, como aborda o Power (2011), um projeto de hardware, agora aberto, no qual a IBM coloca à disposição das instituições acadêmicas e de pesquisas de forma gratuita, a fim de incentivar o crescimento do mesmo. A Sun Microsystems, outra grande empresa do mercado tecnológico, seguindo a onda da IBM, disponibilizou o OpenSPARC, que é projeto de microprocessadores baseados em *Reduced Instruction Set Computer* (RISC), sob a licença *GNU Public Licence* (GPL), (OPENSPARC, 2011).

Outro projeto que cresceu bastante nos últimos anos e vem tornando-se bem sucedido é o Arduino, que é um projeto relacionado à criação de um microcontrolador aberto e acessível a todos os públicos, que se popularizou devido ao fácil manuseio, essa tecnologia pode monitorar ambientes através da captação de informações inerentes ao mesmo. A partir de uma variedade de sensores pode-se controlar luzes, motores e outros dispositivos. A placa possui um microcontrolador que é programado usando uma linguagem de programação própria do Arduino (baseada em *Wiring*<sup>4</sup>) e o ambiente de desenvolvimento Arduino (baseada em *Processing*<sup>5</sup>). As placas podem ser manufaturadas, havendo a possibilidade de adaptá-las conforme a necessidade, ou compradas pré-montadas. Com isso, ele ganhou um grande número de dispositivos fabricados por terceiros visando o seu complemento, como placas

---

<sup>4</sup> <http://wiring.org.co/>

<sup>5</sup> <http://www.processing.org/>

adicionais e sensores, o que o torna ainda mais interessante (ARDUINO, 2011). Atualmente, existem vários projetos baseados no Arduino, inclusive no Brasil temos um uma versão tupiniquim denominado Brasuíno (BRASUÍNO, 2011).

## 2.5 Sensores e Atuadores sem fio

Sensores e atuadores são pequenos dispositivos que se caracterizam pela sua capacidade de processamento, armazenamento e interface de comunicação sem fio, são também conhecidos pelo nome de nó sensores. Esses dispositivos tem a capacidade de mapear eventos do mundo real e transformá-los em informações que serão lidas através da rede. Embora os sensores tenham suas restrições, uma rede de sensores pode funcionar como uma rede *ad-hoc*<sup>6</sup>, podendo assim controlar, detectar e transmitir alguma característica física do ambiente em que ela estiver inserida. Segundo o pensamento de Silva (2006):

A tendência é produzir esses sensores em larga escala, barateando custos, levando os a novas melhorias, ao aumento da capacidade e reduzindo o tamanho dos mesmos. A visão futura é que RSSFs se tornem disponíveis executando as tarefas mais diferentes possíveis e comunicando entre si.

Outra característica que os sensores possuem são suas especificidades quanto seu propósito e utilização. Eles possuem componentes para a realização de monitoramento de áreas, como por exemplo: aplicações de redes de sensores sem fio para coleta de informações sobre a vibração de uma ponte, medindo as oscilações num nível de precisão apropriado. É interessante desenvolver nós sensores sem um propósito específico, que atendam a um conjunto de aplicações, pois o uso de um nó sensor de propósito geral permite que uma aplicação seja testada e os requisitos para a construção de um nó de uso específico sejam avaliados (RUIZ, 2002).

## 2.6 Comunicação de Dados

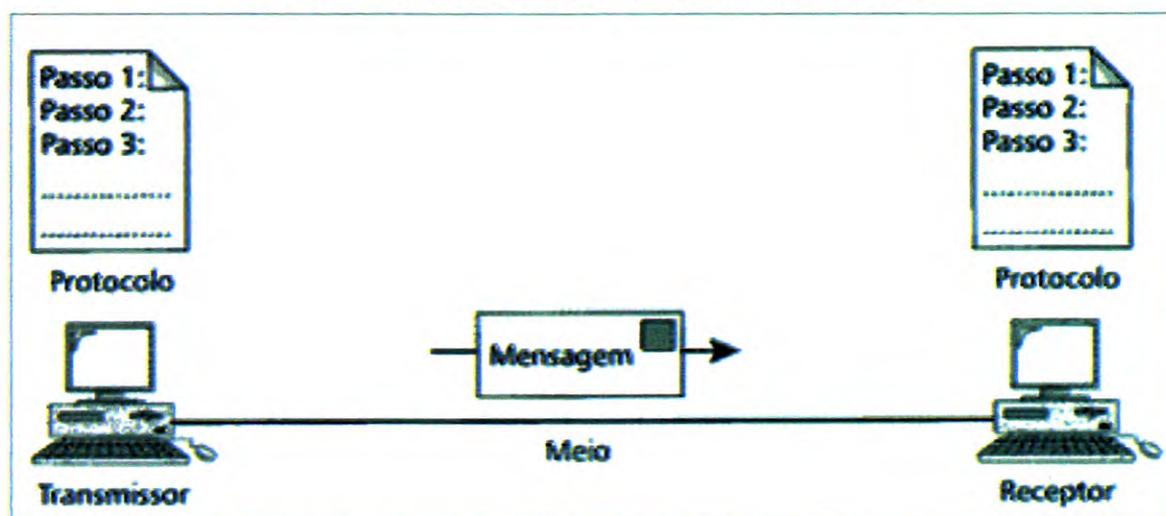
A comunicação de dados é realizada através da troca de informações entre no mínimo dois dispositivos e deve haver algum meio para que essa seja estabelecida. Para que haja a comunicação entre as partes, em tese deve haver a combinação entre o hardware e o

---

<sup>6</sup> Uma rede onde os computadores comunicam-se diretamente um com outro sem a necessidade de um ponto de acesso intermediando a comunicação.

software. Em conformidade com o pensamento de Forouzan (2004, p. 34), a eficácia num sistema de comunicação de dados depende fundamentalmente de três características: a entrega, que consiste no sistema entregar os dados ao destino correto, as informações só devem ser entregues ao usuário ou dispositivo de destino específico, outra característica é a confiabilidade, que focaliza na garantia do sistema na entrega do dado, caso haja alguma alteração de forma que corrompa ou modifique a integridade da informação inicial, a comunicação não será realizada com sucesso, a terceira característica é o tempo de atraso, pois o sistema deve entregar os dados em um tempo finito e predeterminado, em transmissões em tempo real de áudio e vídeo por exemplo, se os dados forem entregues tardiamente, não haverá eficácia na comunicação. Na figura 2 é demonstrado os cinco elementos básicos de um sistema de comunicação.

Figura 2 – Cinco componentes da comunicação de dados.



Fonte: FOROUZAN (2004).

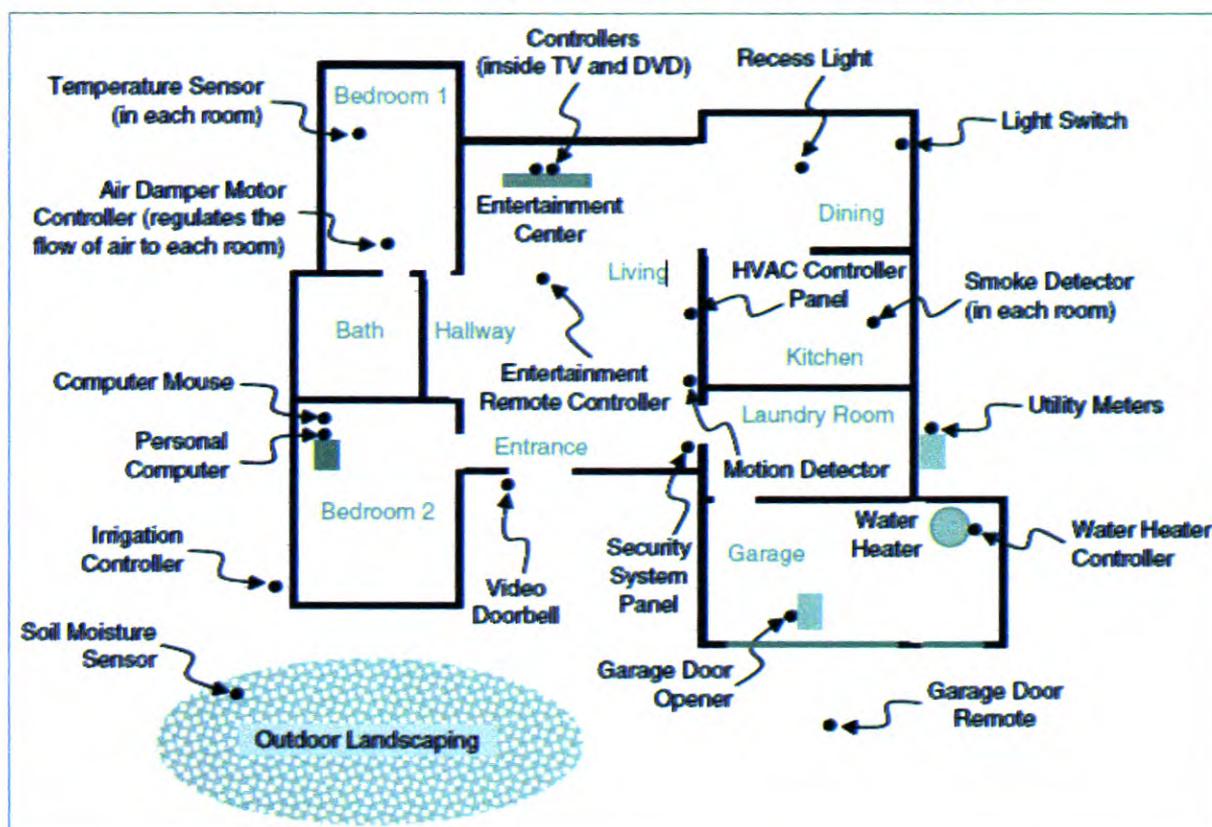
A mensagem é a informação a ser transmitida, podem ser números, textos, figuras, áudio, vídeo ou outro tipo de dado; o transmissor é o dispositivo que envia a mensagem de dados, pode ser um computador, um sensor, telefone, dentre outros; o receptor é o dispositivo que recebe a mensagem; o meio é por onde ocorre a transmissão da mensagem originada no transmissor e destinada ao receptor, esse pode ser um cabo UTP<sup>7</sup>, cabos coaxiais, ondas de rádio dentre outras e por fim o protocolo que é o conjunto de regras que gerem a comunicação de dados é um modelo a ser executado entre os dispositivos para se comunicarem.

<sup>7</sup> Cabos geralmente utilizados em redes de computadores dispostos em pares de fios entrelaçados um ao outro para eliminar as interferências eletromagnéticas.

## 2.7 Protocolo ZigBee

O Protocolo ZigBee é um padrão que define um conjunto de protocolos de comunicação em rede de sensores sem fio. Ele é voltado principalmente para aplicações onde a taxa de transmissão de dados seja baixa. Os dispositivos que executam essa tecnologia geralmente possuem baixo custo de investimento, eles operam em 868 MHz, 915 MHz e 2,4 GHz. A taxa de dados máxima é de 250 Kbps. Em conformidade com o pensamento de Farahani (2008, p. 25), as redes ZigBee tem uma gama diversificada de aplicações eficientes em automações residenciais, controle de estoque e monitoramento da saúde. A figura 3 demonstra vários exemplos de implementações que podem ser realizadas através de uma rede de sensores sem fio com ZigBee.

Figura 3 – Possibilidades de dispositivos ZigBee numa residência.



Fonte: FARAHANI (2008).

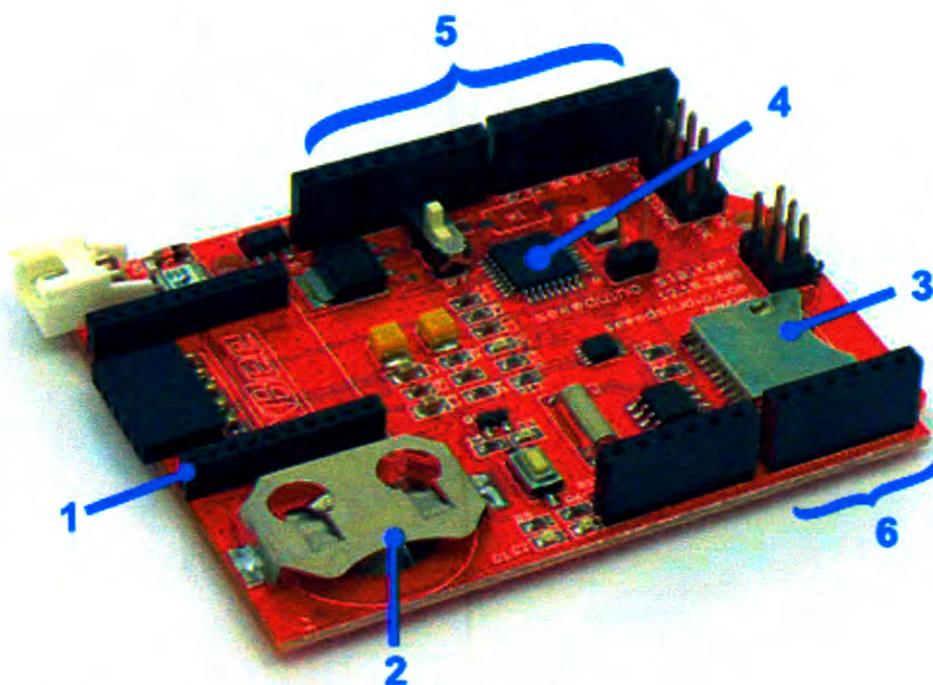
### 3 IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO

Implementou-se um protótipo de RSSF para que haja a demonstração sua eficácia no monitoramento de ambientes físicos, pois através do controle de luminosidade de setores, pode-se medir o consumo de energia no local, bem como o seu controle de temperatura havendo a possibilidade de estabilizá-la em uma determinada medição. Este pode ser utilizado em situações onde haja necessidade de usuários controlarem requisitos de rastreamento, como por exemplo, mensurar a umidade, a temperatura e a luminosidade dessas áreas.

#### 3.1 Configuração de Hardware

O hardware utilizado neste trabalho foi uma placa-clone denominada *Seeeduino Stalker*, sendo ela um clone da Arduino Duemilanove, que além de possuir uma tecnologia compatível com o Arduino oficial, é apropriada para uma RSSF. Como se pode observar na figura 4, sua estrutura física é adequada para o acoplamento de acessórios que aumentem suas funcionalidades como o uso da placa XBee no *socket* 1, uma bateria *Real-Time Clock* (RTC) no *socket* 2, para aferição de horários de monitoramento, um *socket* para cartão MicroSD no item 3, caso haja a necessidade de armazenamento de dados adicionais, dentre outros.

Figura 4 – Modelo de uma placa Seeeduino Stalker.



Fonte: SEEDUINO (2012).

A versão do hardware utilizada foi a 1.0 que possui as dimensões de 6.8cm x 5.5cm e é dotada de um microcontrolador Atmel AVR 8 bits no item 4 da figura 4. Ela possui também 14 pinos de entrada/saída digital no item 5, onde 6 deles podem ser utilizados para saída com *Pulse-Width Modulation* (PWM) e 6 pinos de entrada analógica no item 6.

A comunicação entre o computador e o *Seeeduino Stalker* é realizado através da interface Serial pela UartSBee V3.1 que é uma pequena placa que permite a conversão USB/Serial criando a interface de comunicação entre eles. A figura 5 demonstra a estrutura da placa UartSBee utilizada no protótipo.

Figura 5 – Modelo de uma placa UartSBee V3.1.



FONTE: UartSBee V3.1 - <http://www.seeedstudio.com/wiki/File:Uartsb31.jpg>

A comunicação sem fio entre os nós foi realizada através de *shields* que permitem a troca de dados através do protocolo ZigBee com o qual podemos criar uma RSSF. Estes *shields* são configurados de fábrica com modo de operação broadcast, porém essa configuração pode ser personalizada. No quadro 2 seguem as características de performance do XBee utilizado.

O módulo XBee da figura 6 possui dois modos de funcionamento que são o modo Transparente e o modo API. O modo API é um modo baseado no envio de *frames* contendo inúmeras informações relevantes para a rede como identificação de quem enviou os dados e aviso de não recebimento dos dados, uma vez que informações como essas facilitam o roteamento dos pacotes pela rede. No entanto, iremos utilizar o modo Transparente que é o

modo que vem configurado de fábrica e possui uma maior facilidade de uso, uma vez que se trata de um protótipo.

Quadro 2 – Características do módulo XBee.

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Tensão de Alimentação        | 2.8 - 3.4 V                                       |
| Potência de Envio            | 1mW (0dBm)  |
| Consumo Máximo               | 40mA  |
| Alcance Indoor               | ~ 30 m  |
| Alcance Outdoor              | ~ 100 m   |
| Topologias Suportadas        | Point-to-point, Point-to-multipoint, Peer-to-peer |
| Sensibilidade do Receptor    | -92 dBm   |
| Tipo de Antena               | Chip  |
| Taxa de Transmissão de Dados | 250.000 bps                                       |
| Frequência de Funcionamento  | ISM 2.4 GHz                                       |
| Temperatura de Funcionamento | -40 to 85° C (industrial)                         |
| Dimensões                    | 2.438 cm x 2.761 cm                               |

Figura 6 – Modelo de uma placa XBee Série 1.



FONTE: XBee Série 1 - <http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/images/products/08664-03-L.jpg>.

Para realizar o mapeamento do ambiente onde o protótipo da RSSF ficará disposto utilizaram-se dois sensores, o sensor DHT11 e o ELB102C5M para verificação da temperatura e da luminosidade respectivamente. Os modelos dos sensores estão representados nas figuras 7 e 8.

Figura 7 – Sensor DHT11.

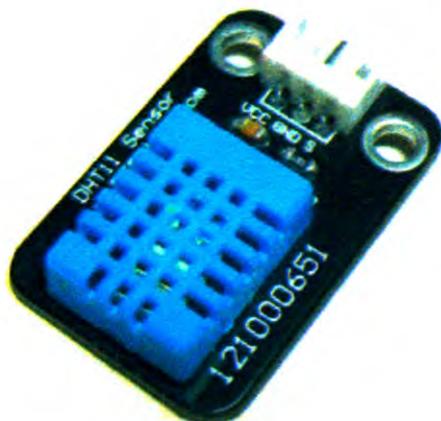
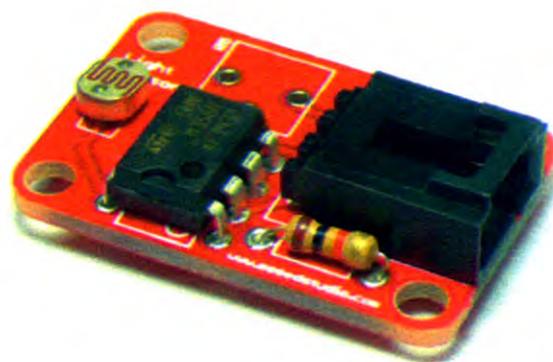


Figura 8 – Sensor ELB102C5M.



FONTE: <http://www.droboticsonline.com/index.php/arduino.html>

FONTE: [http://www.seeedstudio.com/wiki/Electronic\\_brick\\_-\\_light\\_sensor\(Analog\)](http://www.seeedstudio.com/wiki/Electronic_brick_-_light_sensor(Analog))

### 3.2 Arquitetura e Análise

A rede configurada no protótipo é uma rede local desenvolvida para que haja uma conexão multiponto entre três nós, onde todos os dispositivos estarão se comunicando através do mesmo link de comunicação padronizado pelo ZigBee. A RSSF será disposta em malha, pois os links de comunicação serão dedicados, de forma que o tráfego no link fique restrito aos dispositivos que estiverem se comunicando.

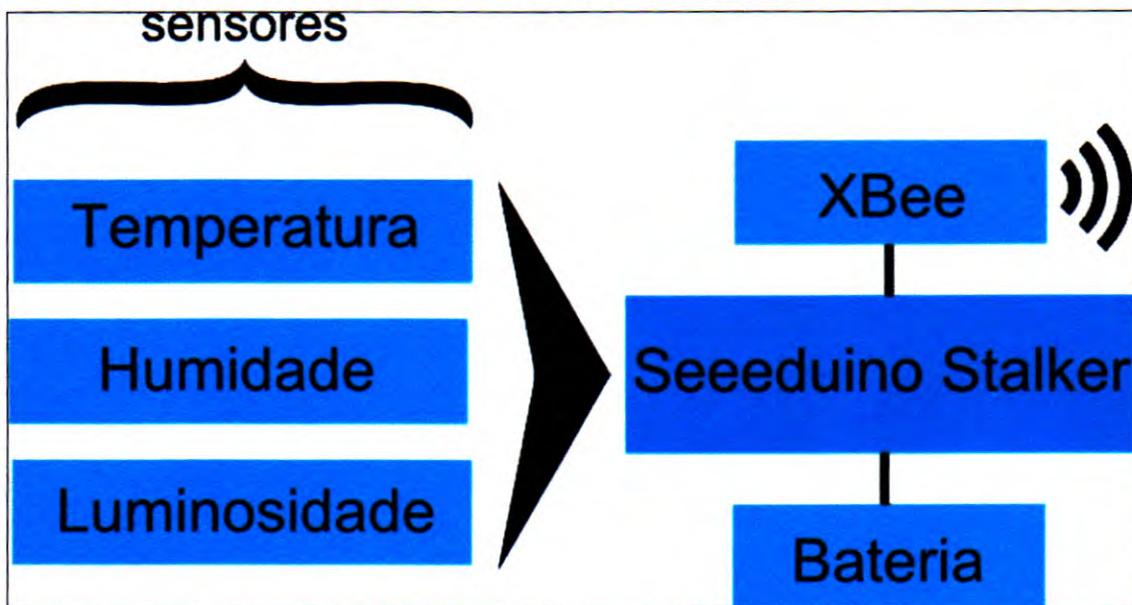
A configuração dos nós alternou-se entre os modos Coordenador e *End Device*, onde cada nó será responsável por uma tarefa em específico de forma que haja um sincronismo entre eles para aferição das informações sobre o ambiente em que eles estiverem inseridos.

O protótipo será composto do nó coordenador – placa conectada ao computador, que desempenha o papel de concentrador de dados na rede ZigBee, gerenciando e controlando a entrada de outros dispositivos e dois *End Devices* – placa *Seeedstudio Stalker* com sensores, que monitoram o ambiente captando as informações e enviando para o nó Coordenador, por

vezes também estão associados a atuadores e controladores executando operações, como demonstra a figura 9.

Os nós *End Devices* precisam de uma alimentação por baterias, o que pode durar semanas, pois possuem baixo consumo energético, podendo passar a maior parte do tempo em modo *sleep* prolongando a autonomia da bateria. O Coordenador por sua vez precisa sempre estar ativo recendo as informações que chegam de inúmeros nós dispostos na rede e enviando-as para o computador onde serão manipuladas, consumindo mais energia.

Figura 9 – Arquitetura do protótipo.



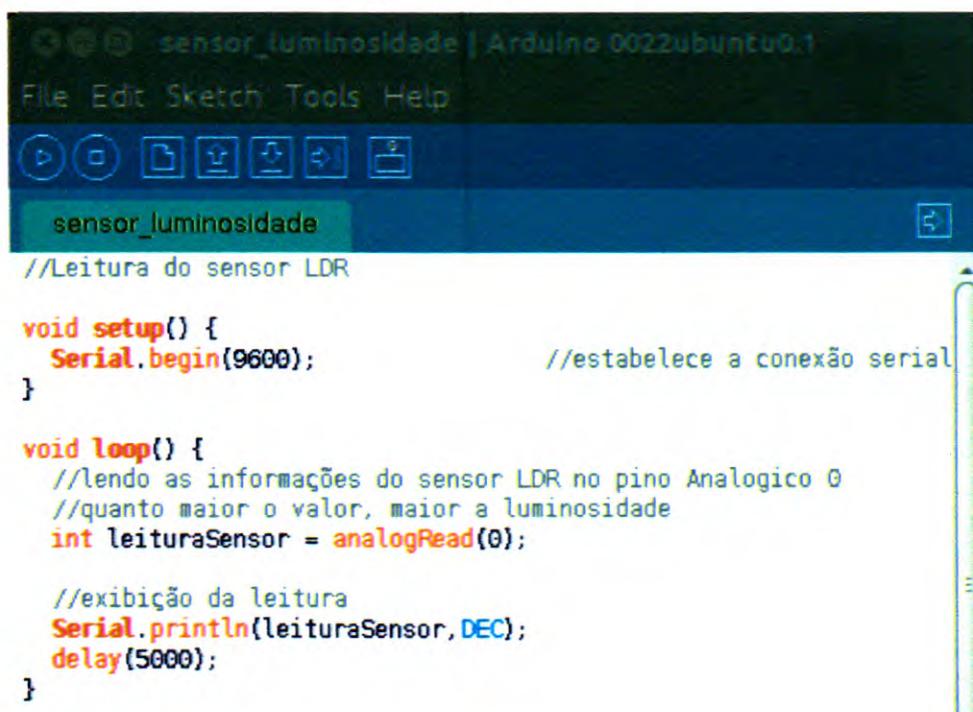
### 3.3 Configuração do Software

A programação foi realizada por meio do Arduino IDE, que é um software escrito em JAVA, portanto, multiplataforma, que auxilia no desenvolvimento dos programas que serão executados pelo hardware deste. A linguagem é baseada em C/C++, possuindo uma vasta gama de bibliotecas disponíveis que facilitam a criação de *sketchs* ou códigos que podem ser compilados pelo Arduino. A interface de programação é simples como pode-se observar na figura 10, pois consiste basicamente em um editor, um compilador, um carregador e um monitor serial (SCHMIDT, 2011, p.33).

A outra parte da configuração foi a preparação dos módulos XBee, que deu-se por meio dos pinos acoplados ao *UartSBee*, onde este lhe proporcionará alimentação e comunicação com o software e que através da comunicação serial enviará os comandos para a placa configurando o seu modo de funcionamento.

Nessa configuração utilizou-se o software X-CTU, o qual favoreceu a configuração dos módulos na programação do protótipo.

Figura 10 – IDE Arduino.



```

sensor_luminosidade | Arduino 0022ubuntu0.1
File Edit Sketch Tools Help
sensor_luminosidade
//Leitura do sensor LDR

void setup() {
  Serial.begin(9600);           //estabelece a conexão serial
}

void loop() {
  //lendo as informações do sensor LDR no pino Analógico 0
  //quanto maior o valor, maior a luminosidade
  int leituraSensor = analogRead(0);

  //exibição da leitura
  Serial.println(leituraSensor, DEC);
  delay(5000);
}

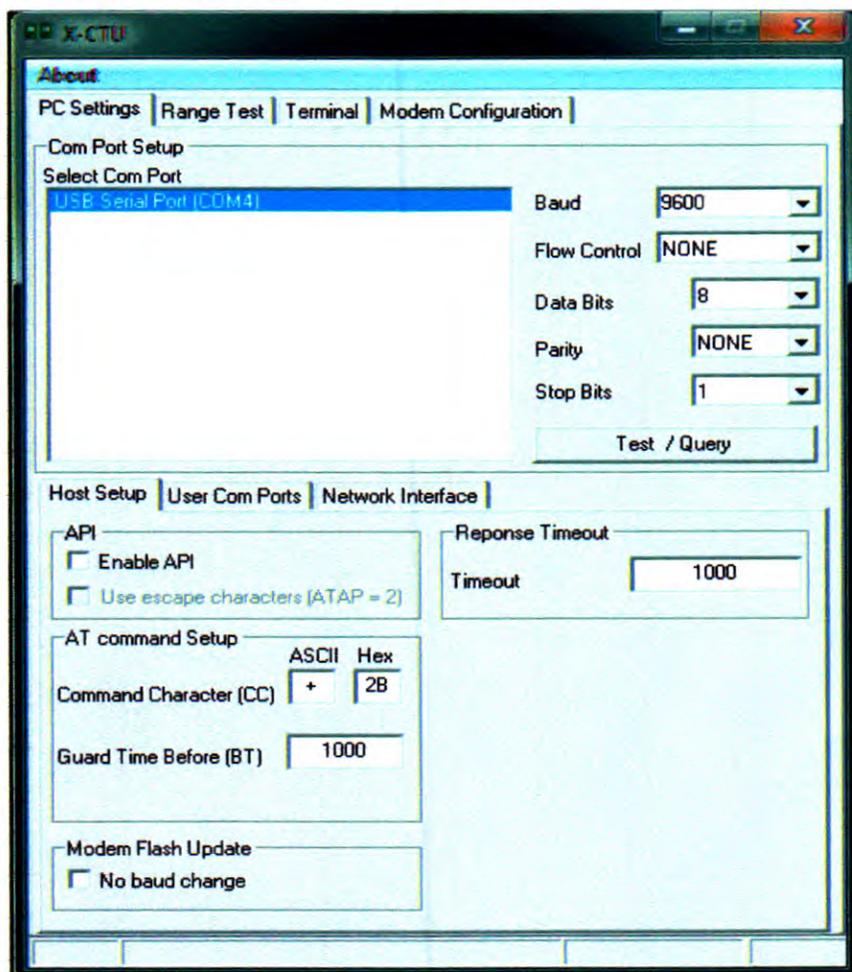
```

A figura 11 demonstra a aba *PC Settings* do X-CTU, onde configurou-se a comunicação inicial com o módulo XBee. O campo *Baud* que indica a taxa de bits usada na comunicação que foi configurada para 9600 devido ao fluxo de transferência não exigir muita banda e a seleção da porta serial USB para Serial Port (COM4), que será o local onde o dispositivo estará conectado fisicamente via USB e o sistema identificará que deverá enviar as instruções para essa interface de comunicação, ficando a critério do usuário alterar os campos *bits* de dados, *paridade*, *bits* de parada e controle de fluxo.

A aba *Range Test* encontra-se uma funcionalidade para teste de alcance dos módulos XBee e verificação da qualidade dos dados, já a aba *Terminal* é designada para efetuar a configuração dos módulos via console através dos comandos ATs ou mesmo visualizar os dados recebidos ou ler parâmetros de configuração dos módulos, porém é muito

trabalhoso esse modo de configuração uma vez que o próprio X-CTU oferece um modo gráfico de interação tornando amigável e rápida a configuração dos módulos da rede.

Figura 11 – Software X-CTU Aba PC Settings.

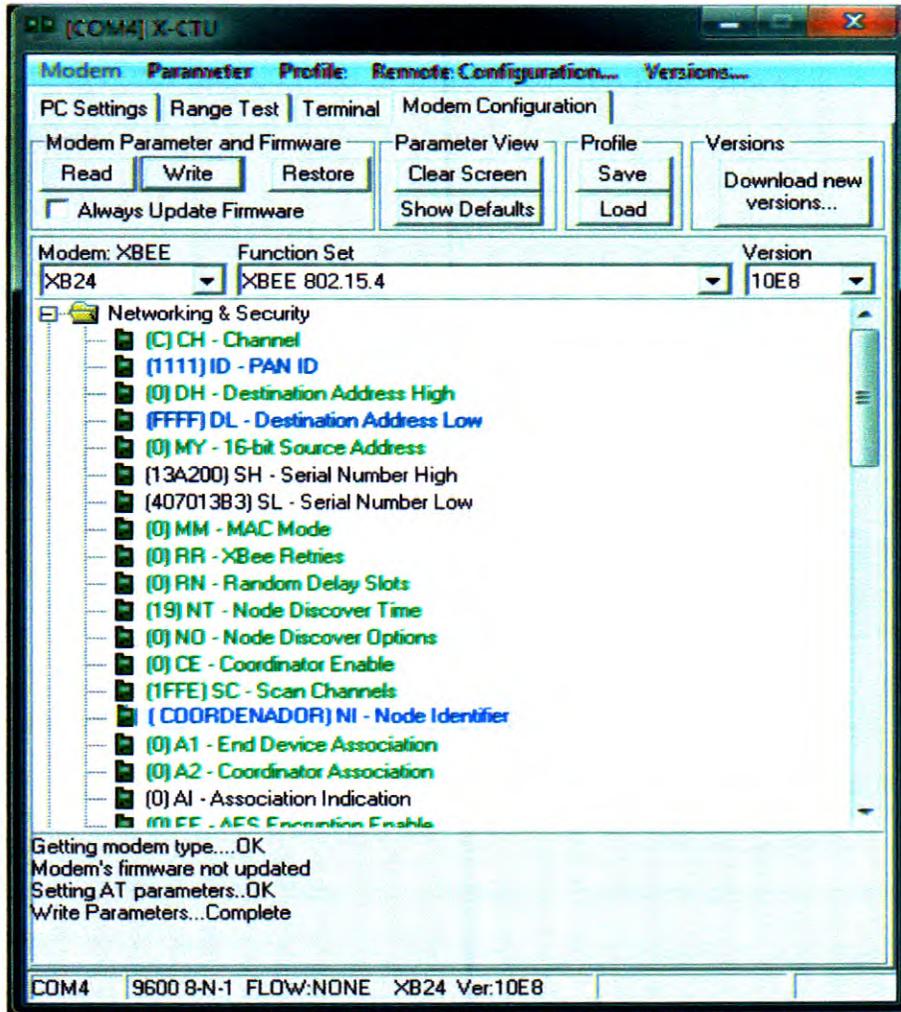


Para definição dos papéis dos nós da RSSF selecionou-se a aba *Modem Configuration* definindo a configuração dos módulos XBee e os papéis de cada nó na rede, como é demonstrado na figura 12.

O campo ID sugere que o nó participe de uma determinada rede, uma *Personal Area Network* (PAN), portanto, ambos, Coordenador e *End Devices*, tem no campo ID o mesmo valor, indicando a que rede eles pertencem, enquanto que o campo MY indica o endereço de cada nó, tornando-o único na rede. O campo NI especifica uma identificação, um nome para um nó. Os campos DL e DH combinados são responsáveis por definir a abrangência dos endereços com quem o nó irá se comunicar.

Através desta aba também é possível restaurar os parâmetros de fábrica do módulo, ler a configuração atual, salvar ou carregar, bem como fazer atualizações de *firmware*, disponibilizados pelo fabricante.

Figura 12 – Software X-CTU Aba Modem Configuration.



Uma série de outras configurações pode ser feita aqui como o uso dos campos EE e KY correspondentes a encriptação dos dados, o que garante uma maior segurança para a rede dificultando o trabalho de nós maliciosos. Outro campo importante é o CE que serve para definir que um determinado módulo será *ZigBee Coordinator*. Podemos também definir a potência do sinal através do campo PL e configurar o modo de funcionamento *sleep* do módulo para uma maior eficiência energética, preservando por maior tempo esse recurso escasso das RSSFs.

Os valores apresentados demonstram o comportamento do sensor de luminosidade quando exposto a uma fonte de luz de uma lâmpada incandescente de 220V e 60W. Ao ligá-la pode-se observar no gráfico a mensuração da densidade do fluxo luminoso, que é expressa em termos de *lux* cujo valor ficou abaixo de 100. Após 5 segundos houve o bloqueio da luminosidade que incidia sobre o nó sensor, logo o valor do *lux* caiu para 0. Após outros 5 segundos houve uma aproximação da fonte luminosa e a medição subiu para valores acima de 200 *lux*. Em seguida os valores foram diminuindo conforme a fonte de luz distanciava-se da rede de sensores.

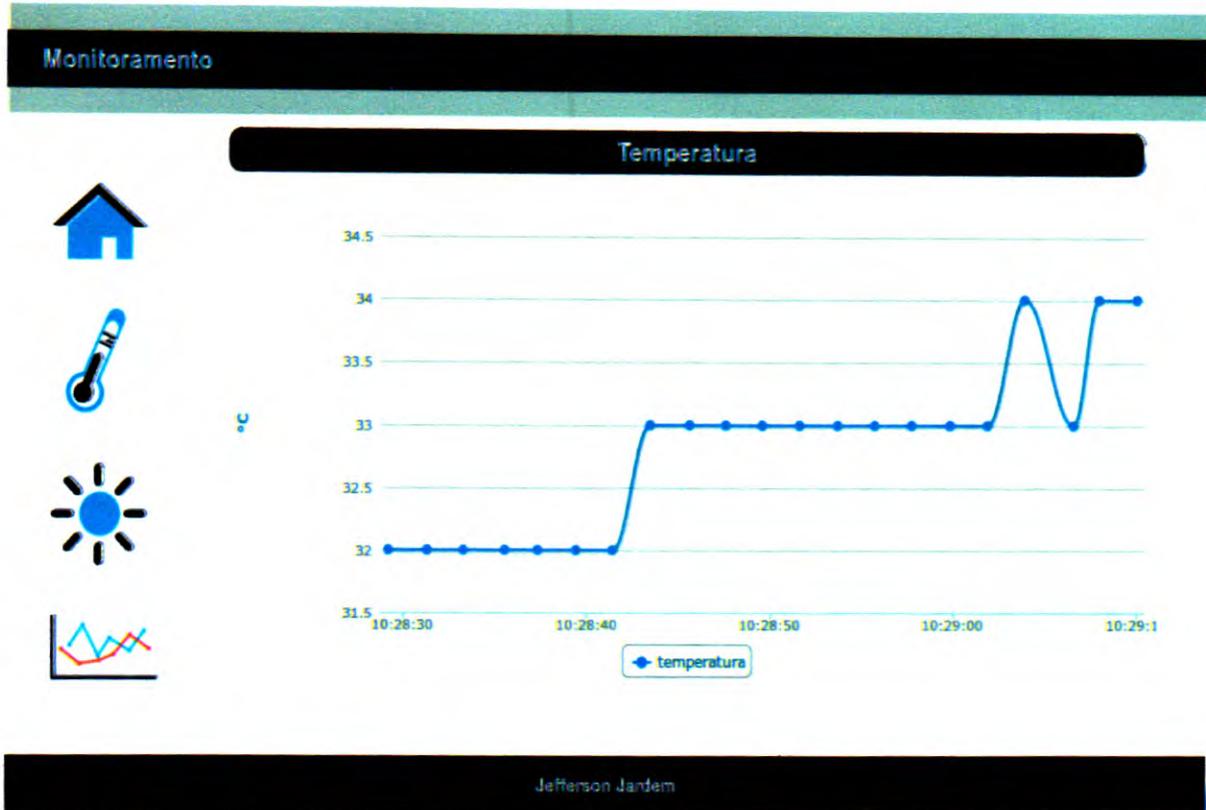
Através do monitoramento da RSSF nessa etapa, observou-se a possibilidade de controlar a intensidade de luminosidade em um determinado ambiente, bem como a detecção da ativação e desativação da fonte de luz. Dessa forma, concluiu-se que a inserção dessa tecnologia em ambientes físicos pode atender a várias necessidades de usuários no controle de consumo de energia, que para Marco Orsi Banzato, gerente de produto da *Schneider Electric*, o controle de sistemas de iluminação proporciona conforto, pois permite a configuração de cenários de iluminação em ambientes, controlando cada cena, além do resultado em economia de energia e aumento da vida útil das lâmpadas, devido a não necessidade de ter que acioná-las sempre 100% de sua intensidade (REVISTA AUTOMATIZAR, 2010).

Na segunda etapa da análise foi realizado o monitoramento da temperatura do ambiente através do nó *End Device* de endereço MY=1, que realizou a leitura das alterações no espaço físico via sensor DHT11. O nó Coordenador recebe as informações para geração do gráfico no sistema de monitoramento, exibindo os índices de oscilações da temperatura ambiente, como está demonstrado na figura 15.

Para a observação do monitoramento nesta segunda etapa utilizou-se dois módulos de leitura para interação com a RSSF. No primeiro módulo foi realizada apenas mensuração da temperatura ambiente e no segundo foi criada uma interferência de fonte de ar quente na rede, aferida em graus Celsius.

Nota-se que durante o período de ociosidade o nó mensurava a temperatura ambiente em 32°C, ficando constante durante 10 segundos. Após a aproximação da fonte de calor a temperatura aumentou em 1°C, chegando a 33°C e durante 20 segundos, a medição foi controlada e se manteve constante. Após nova aproximação, a medição da temperatura chegou a 34°C, sendo esta medida reduzida e aumentada posteriormente.

Figura 15 – Oscilação da atividade do sensor de temperatura.



Observa-se nesta etapa que, assim como na primeira, o sistema proporciona um controle sobre as informações inerentes nos processos de alteração de temperatura do ambiente onde a RSSF está inserida, de forma que houve a possibilidade de controlá-la em determinado momento. Dessa forma, observou-se que essa tecnologia pode ser utilizada em processos que priorizem o monitoramento e controle da temperatura ambiente como no problema apresentado por Souza (2007) quanto à necessidade de monitorar e controlar a temperatura dos produtos (vacina, leite materno, entre outros), devido algumas propriedades dos mesmos perderem substâncias que levariam a inutilização dos produtos.

## 5 CONCLUSÕES

Este trabalho propôs a criação de uma rede de sensores sem fio com hardware livre, demonstrando que através de seu monitoramento pôde-se observar níveis de intensidade de luz e níveis de temperatura de um determinado ambiente físico, de forma que esses monitoramentos podem ser empregados em situações reais que exijam a análise dos dados em tempo real via computador.

A principal contribuição deste trabalho foi demonstrar que através da criação de uma RSSF com Seeeduino Stalker, onde pode-se controlar níveis de iluminação e temperatura de ambientes onde o mesmo estiver inserido, bem como a elencação de benefícios que podem ser obtidos através da utilização do sistema de monitoramento em tempo real, configurado a partir de linguagens de programação *Open Source*.

Ao longo do desenvolvimento deste, algumas etapas foram caracterizadas por diferentes aspectos, dentre elas destacou-se: A facilidade de encontrar fontes de pesquisas sobre a tecnologia Arduino e finalizando avaliou-se o desempenho do monitoramento da rede de sensores sem fio e os benefícios de sua aplicação.

A facilidade de encontrar fontes de pesquisas sobre o Arduino foi uma vantagem encontrada durante a fase de análise da melhor tecnologia a ser utilizada na RSSF. Através da comunidade brasileira, dos fóruns, tutoriais e dos exemplos de códigos encontrados na web, fortaleceram a escolha do Arduino para este trabalho, pois essa estrutura bem difundida de comunicação favoreceu na obtenção das respostas para os questionamentos levantados.

Na configuração do protótipo houve uma dificuldade na criação do padrão de comunicação ZigBee. Algumas placas por serem fabricadas por empresas diferentes falharam na troca de dados, gerando várias horas de testes verificadores no código fonte do projeto, até que se chegar à conclusão de falha na comunicação do hardware devido incompatibilidade entre modelos de placas-clone de diferentes fabricantes.

Sobre a análise do monitoramento da rede de sensores sem fio criada, a partir do microcontrolador Arduino, viu-se que as tecnologias envolvidas possuem uma robustez para esse tipo de rede, de forma que através do controle das informações lidas, pôde-se chegar ao controle de níveis de luminosidade de temperatura viabilizando sua utilização para os devidos fins de monitoria.

Durante as pesquisas foram encontradas inúmeras outras funcionalidades propostas pela tecnologia, a velocidade do tráfego de dados entre os nós sensores durante as alterações de luminosidade e calor no ambiente físico, tendo em vista que o monitoramento é realizado em tempo real; o sistema configurado para monitorar a rede não apresentou nenhum *bug*, sendo que as leituras eram geradas também em tempo real. Em geral, a rede apresentou boa estabilidade podendo ser inserida em processos que necessitem monitorar os requisitos aqui explorados; e as ferramentas livres utilizadas na criação, configuração e análise da rede atenderam à demanda de tarefas executadas neste projeto.

O presente sistema permite que seja expandido e aperfeiçoado, estando sujeito a inserção de mais nós e uma maior diversidade de sensores, como sensor de gás de cozinha, gás carbônico, umidade do solo etc. possibilitando a criação de uma RSSF mais rica em dados. Oferecer suporte a visualização remota dos dados através da internet também é um ponto forte a ser trabalhado assim como a aplicação do sistema em um ambiente domiciliar ou empresa ou qualquer outro onde haja uma interação homem-máquina, onde através de técnicas de mineração de dados juntamente com inteligência artificial seja possível o sistema aprender e conseqüentemente adquirir maior independência.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, C.. **A Cauda Longa: do Mercado de massa para o Mercado de nicho**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. p. 153.
- ARDUÍNO. **Plataforma Arduino**. Disponível em: <<http://arduino.cc/>>. Acesso em 15 de agosto de 2011.
- BRASUÍNO. **Característica do Brasuíno BS1**. Disponível em: <<http://brasuino.holoscopio.com/>>. Acesso em 15 de agosto de 2011.
- CHIPCON. **Sensores sem Fio**. Disponível em: <<http://www.chipcon.com>>. Acesso em 08 de junho de 2012.
- COMER, DOUGLAS E.. **Redes de Computadores e Internet**. São Paulo: Artmed Editora S. A., 2007, p. 33.
- FARAHANI, Shahin. **ZigBee Wireless Networks and Transceivers**. USA: Elsevier Ltda. 2008, p. 25.
- FLYNN, Ida M.; MCHOES, Ann M. **Introdução aos sistemas operacionais**. São Paulo, Pioneira Thomson Learning, 2002, p. 314.
- FOROUZAN, Behrouz A. **Comunicação de Dados e Redes de Computadores**. 3ª Ed. São Paulo: Artmed Editora S. A., 2004, p. 815.
- GNU. **O que é o Software Livre?**. Disponível em: <<http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.pt-br.html>>. Acesso em 18 de janeiro de 2011.
- IBM. **O que é o Hardware Aberto?**. Disponível em: <<http://www.ibm.com/developerworks/br/library/os-openhardware/#resources>>. Acesso em 01 de agosto de 2011.
- JARDIM, Fernando de Moraes. **Treinamento Avançado em Redes Wireless**. São Paulo: Digerati Books, 2007, p. 7.
- LOUREIRO, A.; RUIZ, L.; NOGUEIRA, J.M.; R. MINI; NAKAMURA, E.; FIGUEIREDO, C. M.. **Mini-curso: Redes de Sensores sem Fio. Jornada de Atualização em Informática – XXII Simpósio Brasileiro de Computação. Anais...** Florianópolis, Brasil, 2002.
- LOUREIRO, Antonio A. F. **Redes de Sensores Sem Fio**. In: **Grandes Desafios - Computação no Brasil 2006-2016**. maio 2006. São Paulo. Material do evento, 2004, p.1-2.
- MENDES, Douglas Rocha. **Redes de Computadores - Teoria e Prática**. São Paulo: Novatec, 2007.
- MONTEBELLER, Sidney José. **Sensores sem Fios: Avaliação e Emprego na Automação de Sistemas Prediais**. São Paulo: Biblioteca24Horas, 2011. 150p.

OPENSARC. **Sobre OpenSparc**. Disponível em: <<http://www.opensparc.net/>>. Acesso em 15 de agosto de 2011.

POWER.ORG. **Introdução de Tecnologia Architecture**. Disponível em: <<https://www.power.org/>>. Acesso em 15 de agosto de 2011.

RUIZ, L. B.. **Uma arquitetura para o gerenciamento de redes de sensores sem fio**. Technical Report DCC/UFMG RT.005/2002; Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.

SEEDUINO STALKER. **Seeduino – Stalker - 168**. Disponível em: <<http://www.ceedstudio.com/wiki/File:Seeduino-stalker-168.jpg>>. Acesso em 28 de junho de 2012.

SCHMIDT, Maik. **Arduino: A Quick-Start Guide**, [S.l.] Pragmatic Bookshelf 2011, p.33.

SILVA, Rodrigo Carlesso. **Redes de Sensores Sem Fio**. Monografia (Graduação em Sistemas de Informação), Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES. Montes Claros – MG, 2006. 52 p. Disponível em: <[http://www.ccet.unimontes.br/arquivos/ mono gra fi a s/222.pdf](http://www.ccet.unimontes.br/arquivos/mono_grafi_a_s/222.pdf)>. Acesso em 08 de junho de 2012.

SILVEIRA, Sérgio Amadeu da. **Software Livre: a luta pela liberdade do conhecimento**. 1ª ed. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2004. p. 19.

SOUZA, Marcio Rogério de. **Sistema de Monitoramento e Controle de Temperatura para Vacinas e Banco de Leite Materno**. Maringá – PR, 2007. Artigo Científico, Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial, Centro Universitário de Maringá – CESUMAR. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/artigos/automacao-para-sistema-de-monitoramento-e-controle-de-temperatura-para-vacinas-e-banco-de-leite-materno/19357/>>. Acesso em 01 de agosto de 2012.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**. 4ª ed. São Paulo: Campus, 2003.

TENDÊNCIAS EM SISTEMAS DE CONTROLE DE ILUMINAÇÃO: **Revista Automatizar**. São Paulo, Editora do Administrador, ano 3, n.3, p. 30-31, 24 jun. 2010.