

# ZIGLAR - UTILIZAÇÃO DE REDES SEM FIO ZIGBEE PARA ACESSIBILIDADE AOS PORTADORES DE DEFICIÊNCIA FÍSICA<sup>1</sup>

Paulo Luis Steinhauser<sup>2</sup>  
Prof. Dr. Emerson Ribeiro Mello<sup>3</sup>

## RESUMO

A acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência física é de vital importância para que as mesmas possam ter uma vida com mais independência e conforto. Diante disso, a automação residencial vem de encontro para solucionar problemas que as pessoas deficientes encontram dentro de seus próprios lares. Para tanto é necessário a utilização de uma tecnologia de rede que seja robusta, segura, econômica e de simples implementação, sendo que a tecnologia de redes sem fio ZigBee se enquadra nesses quesitos, uma vez que tem como base o padrão IEEE 802.15.4, o qual é relativamente recente e ideal para projetos de automação, onde a economia energética é crucial. Este trabalho tem por objetivo descrever sobre as redes ZigBee e sua utilização para automatizar alguns equipamentos e sensores que fazem parte de um ambiente doméstico, possibilitando com que pessoas com deficiência física possam interagir com o espaço em que vive com mais facilidade.

**Palavras-chave:** acessibilidade, ZigBee, automação residencial.

## ABSTRACT

The accessibility for people with physical disabilities is vital in order to have a more independent and comfortable life. Therefore, the home automation has been sorting out problems that disabled people find in their own homes. This requires the use of a robust network technology: safe, economic and simple to implement. The wireless networking technology ZigBee fits these requirements, since it is based on the IEEE 802.15.4 standard, which is relatively new and ideal for automation projects, where the energy saving is crucial. This work aims to describe the Zigbee networks and its use to automate some equipment and sensors which are part of a domestic environment that enables people with physical disabilities to easily interact with the living space.

**Keywords:** accessibility, ZigBee, home automation.

---

<sup>1</sup> Artigo Científico apresentado ao curso de Pós-Graduação em Redes de Computadores e Segurança de Sistemas do Centro Universitário para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Pós-Graduação em Redes de Computadores e Segurança de Sistemas da UNIDAVI e bolsista do FUMDES do Estado de Santa Catarina.

<sup>3</sup> Professor do Instituto Federal de Santa Catarina e doutor em Engenharia Elétrica.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Manso (2003), a deficiência é caracterizada pela perda ou falha de uma estrutura e/ou função seja ela psicológica, fisiológica ou anatômica, que por si, irá gerar a incapacidade para o desempenho de determinadas atividades dentro do padrão normal do ser humano. Pode-se ainda dividir a deficiência em permanente e incapacidade. Na permanente não há mais a possibilidade de recuperação ou alteração mesmo com aparecimento de novos tratamentos, por já haver uma consolidação do quadro. Por outro lado a incapacidade, onde há a redução da capacidade de integração social, o portador desse tipo de deficiência necessita de utilização de equipamentos, adaptações ou outros recursos que o possibilitem a desempenhar algumas dessas funções que está incapacitado de fazer de maneira natural.

Em 2011, a diretora geral da OMS (Organização Mundial da Saúde), Dra Margaret Chan, em conjunto com o diretor do World Bank Group, Mr Robert B Zoellick publicaram no relatório World Report on Disability que 1/5 das pessoas do mundo vivem com alguma limitação, e que desse número, entre 110 a 190 milhões tem limitações significativas, o que sem sombra de dúvidas é um número significativo (CHAN e ZOELLICK, 2011). E o mais preocupante é que são poucos os países que contam com mecanismos apropriados para atender as necessidades das pessoas com necessidades especiais.

Atualmente, há grande mobilização da população, empresas e instituições governamentais em busca da acessibilidade de pessoas portadoras de necessidades especiais, mas apesar de todos os esforços, as limitações de grande parte dessas pessoas estão dentro de seu próprio lar, que na maioria dos casos não foi projetado para atendê-los. Uma solução para esta situação é a automação residencial ou domótica.

O conceito de automação residencial, ou casa inteligente, é antigo e de acordo com Mizusaki (2009) o tema já é estudado desde a década de 1970. Contudo o interesse nesta área cresceu nos últimos anos devido à evolução dos computadores e com a redução do custo dos microcontroladores.

No que se refere à automação residencial, pode-se ter em mente um entrelaçado de cabos passando em cada cômodo da casa, interligando os dispositivos com os quais o usuário irá interagir, mas isso está mudando, pois a cada dia a utilização de redes sem fio para tal finalidade tem se tornado mais comum. Esse é um ponto fundamental para o sucesso de projeto de automação, uma vez que a instalação de cabos é demorada e o custo para manter uma rede funcionando é elevada. Isso sem contar o fato de que há a possibilidade de haver a

necessidade de inclusão ou exclusão de algum elemento da rede, mudança de local de determinado sensor e inúmeros outros motivos pelos quais a tecnologia sem fio é mais adequada.

Este artigo tem como foco o desenvolvimento de um protótipo que possa auxiliar pessoas com deficiência física, como paraplégicos e tetraplégicos a terem maior autonomia dentro de seus lares, uma vez que, com a limitação dos movimentos, há a dificuldade ou mesmo impossibilidade de se executar tarefas consideradas simples para a maioria das pessoas, como abrir janelas, ligar lâmpadas e outros equipamentos que possam ser úteis para o usuário. O projeto visa utilizar tecnologia de redes sem fio ZigBee (ZIGBEE ALLIANCE, 2011), de forma que a pessoa possa interagir com os sensores e controladores de maneira simples, seja através de botões, joysticks ou outro dispositivo, por exemplo algum equipamento que possa fazer essa interface homem/máquina através de comandos de voz e que ainda permita ao usuário ter algumas informações acerca dos dispositivos ligados a rede, com isso criando maior independência para a pessoa portadora de alguma deficiência motora.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 ESPECIFICAÇÃO ZIGBEE**

A especificação ZigBee, no entender de Dantas (2010), foca nos protocolos de alto nível para dispositivos pequenos de rádio digital e com baixo consumo de energia, o que o torna tão atrativo para utilização em projetos que requeiram o mínimo de consumo de energia possível.

O padrão IEEE 802.15.4 (IEEE 802.15.4, 2006) é um conjunto de especificações que tem como finalidade definir tanto o protocolo quanto o comportamento da comunicação entre dispositivos da rede. O padrão 802.15.4 em si trata apenas dos níveis Físico (PHY) e o de Enlace (MAC), conforme Caprile (2009), semelhantes as primeiras camadas do modelo OSI. Na camada Física são definidas as bandas de frequência e seu controle para economizar energia. Na camada de Enlace, também conhecida por MAC (Medium Access Control, ou Controle de Acesso ao meio) fornece a interface entre a camada Física (PHY) e a camada imediatamente superior ao MAC, que no caso do ZigBee é a camada de rede (NWK). De acordo com Farahani (2008), o padrão IEEE 802.15.4 não é desenvolvido especificamente para aplicações ZigBee, portanto a camada superior ao MAC pode ser qualquer camada de

protocolo de rede, ou seja, ao invés da tecnologia ZigBee, é possível que outra se utilize do padrão IEEE 802.15.4.

Em 2003 a IEEE definiu o modelo, visando aplicações sem fio que não necessitem de altas taxas de transmissão, porém visem a baixa latência e principalmente, o baixo consumo de energia. Conforme a IEEE 802.15.4-2006 (2006), ao contrário das WLAN (Wireless Local Area Network), as WPANs (Wireless Personal Area Network) são utilizadas para transmitir informações a distâncias relativamente curtas, envolvendo pouca estrutura, permitindo a implementação de soluções eficazes e de baixo custo e que ainda, pode ser implementado por uma ampla gama de dispositivos. As redes que utilizam este protocolo, também são conhecidas como LR-WPAN (Low-Rate WPAN) .

Algumas características das LR-WPANs podem ser vistas a seguir:

- Taxas de transmissão de até 250 kb/s;
- Aloca 16 ou 64 bits para endereçamento;
- Baixo consumo de energia;
- Opera sobre as bandas de frequência ISM (Industrial Medical Scientific), que são de 868, 915 e 2450MHz
- Indicação de qualidade do link (LQI - Link Quality Indication);
- As topologias empregadas podem ser ponto-a-ponto ou estrela.

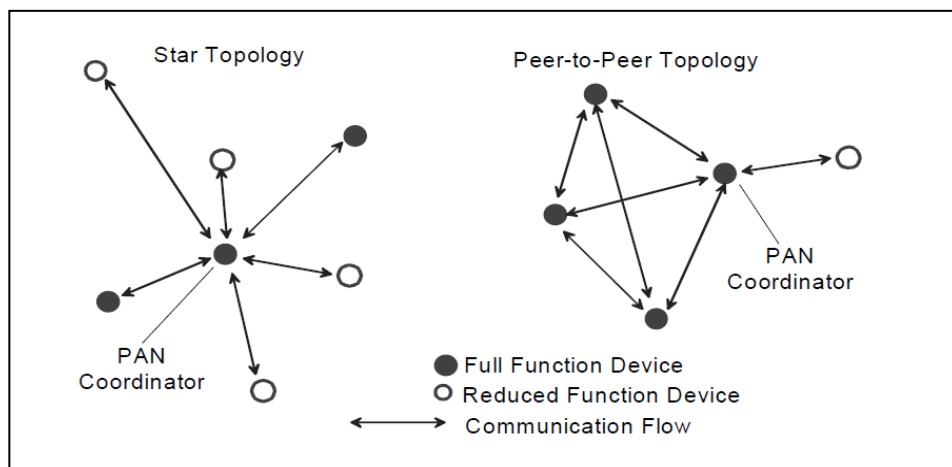


Figura1: Topologias de redes LR-WPAN  
Fonte: IEEE 802.15.4-2006, p. 14

De acordo com o que foi visto até o momento, pode-se ter uma noção do que se trata a tecnologia ZigBee e o padrão IEEE 802.15.4. Porém podem-se acrescentar algumas

características muito importantes, como a capacidade de ter até 65 mil nós ligados numa mesma rede, o que é um número muito superior a outros padrões existentes até o momento. Além dessa grande capacidade, pode-se citar ainda a segurança oferecida por uma rede ZigBee, pois a mesma utiliza encriptação de dados AES (*Advanced Encryption Algorithm*) de 128 bits onde, uma vez codificada, a rede ZigBee pode ficar parcialmente ou totalmente oculta às outras redes, sendo que os dados que aí trafegam ficam protegidos. Quanto a endereçamentos, as redes ZigBee podem utilizar endereços de 16 ou 64 bits, um dos fatores que possibilitam a grande quantia de elementos nas redes.

Como foi estudado, o padrão IEEE 802.15.4 define as camadas Física e MAC, já o padrão ZigBee está definido acima destas camadas e implementa principalmente as tarefas de segurança e roteamento. Farahani (2008) ainda diz que as especificações contidas no ZigBee complementam o protocolo IEEE 802.15.4, em especial para aplicações de monitoração e controle sem fio. Esses serviços são providos pela camada de rede (NWK), a subcamada de suporte a aplicação (APS) e finalmente, a camada de aplicação (APL).

### **2.1.1 Tipos de Dispositivos**

Em uma rede ZigBee, conforme Messias (2011), podem haver as seguintes categorias de dispositivos:

- FFD → Full Function Devices, ou Dispositivos de Funções Completas são dispositivos mais complexos, havendo a necessidade de possuir um hardware mais potente para a implantação da pilha de protocolos, sendo que dessa forma consomem mais energia. Podem assumir o papel de Coordenador, Roteador ou Dispositivo Final.
- RFD → Os Reduced Function Device ou Dispositivos de Funções Reduzidas, ao contrário dos FFDs, são dispositivos mais simples, que consomem menos energia. Este tipo de dispositivo assume o papel de End Device e só podem se comunicar com dispositivos FFDs.

Como foi visto anteriormente, os dispositivos podem ser FFD ou RFDs, porém estes ainda podem ser divididos logicamente em três tipos, conforme o site oficial da ZigBee Alliance (2011):

- Coordenador → este é responsável pela inicialização e manutenção da rede, distribuição dos endereços, reconhecimento dos nós entre outras funções. Em função disso, só podem ser um dispositivo FFD.
- Roteador → também é necessário que o roteador seja um dispositivo FFD. De acordo Messias (2011), o roteador tem características de um nó normal, mas tem poderes extra, como de servir de roteador entre os nós sem precisar do Coordenador. O Roteador é fundamental para que uma rede ZigBee possa ser expandida.
- Dispositivo Final → também chamado de End Device, é o dispositivo onde os sensores e/ou atuadores são ligados. Pode ser tanto um dispositivo FFD como RFD, consumindo menos energia, uma vez que fica a maior parte do tempo em modo sleep (dormindo).

### **2.1.2 Topologia**

Nas redes ZigBee podemos encontrar três tipos de topologias distintas, que são estrela, árvore e malha. A topologia estrela é a mais simples de ser implementada, de acordo Messias (2011), pois é composta de um Coordenador e quantos End Devices forem necessários para a rede. Um detalhe é que esse tipo de rede não tem alcance muito longo, pois não possui roteador, e por isso também, não se deve utilizar em ambientes com muitos obstáculos. A topologia em árvore pode ser vista com um arranjo de várias redes em estrela, já com a presença do roteador. Finalmente, a topologia em malha ou Mesh, que é um dos fatores do sucesso do ZigBee. Isso porque nessa topologia, a rede pode se auto-organizar para otimização de tráfego, e com a entrada ou saída de um nó na rede, a rede se ajusta automaticamente. Euzébio (2011) ainda afirma que na topologia em malha, o núcleo da rede é composta por roteadores, e os pontos finais podem ficar nas bordas, sendo que assim as mensagens podem passar por quantos nós forem necessários para chegar ao destino, resultando num maior alcance da rede mantendo baixo consumo de energia.

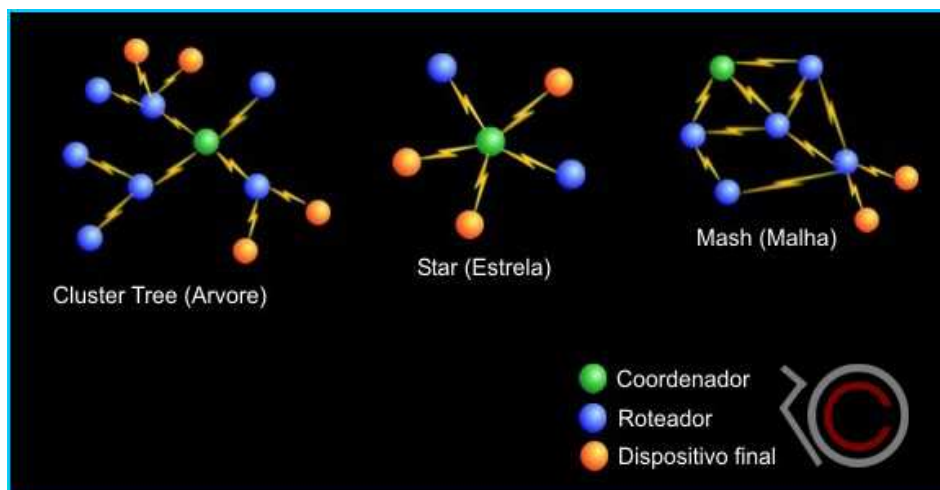


Figura 2: Topologias de Redes ZigBee  
 Fonte: MESSIAS (2011)

## 2.2 ARDUINO

Euzébio (2011) explica que o kit padrão Arduino é composto por uma placa de silício, onde se encontra um microcontrolador da família ATmega, como o ATmega168, ou o ATmega328 da ATMEL, utilizado atualmente em placas como o Arduino Uno, uma das mais conhecidas pela comunidade Arduino. No microcontrolador o código fonte será executado e ele contém pinos para conexões externas, como USB. Também no microcontrolador, encontram-se portas de entrada e saídas analógicas e digitais, portas de comunicação e de saída PWM (Power Wave Modulation), possibilitando o controle da tensão de saída. Para que se possa ter uma expansão das funcionalidades do kit arduino, utiliza-se Shields, que são placas que contém dispositivos como, interfaces de rede, controladores de áudio, joystick, GPS entre diversos outros. No protótipo será utilizado Shields para interface de rede ZigBee, como o Arduino Shield - Xbee SF e Arduino XBee Shield, que possibilitam a utilização de módulos ZigBee para a comunicação na rede.

A programação do Arduino é feita em C/C++, e há uma IDE (Integrated Development Environment) muito simples, criada para os usuários escreverem, compilarem seus códigos e posteriormente fazerem o upload para sua placa Arduino através de uma porta serial. Ainda esta IDE possibilita que sejam enviados comandos pela ferramenta chamada Serial Monitor, onde podem ser mostrados dados recebidos, isso claro, se a placa for programada para enviar dados, como no caso da leitura de sensores, por exemplo.

A imagem a seguir mostra a IDE<sup>4</sup> do Arduino com um simples exemplo que já acompanha o software, chamado Blink, cuja função é ligar e desligar um dispositivo, no caso um led ligado a porta 13, que está configurada como porta de saída.

A screenshot of the Arduino IDE interface. The window title is "Blink | Arduino 0022". The menu bar includes "File", "Edit", "Sketch", "Tools", and "Help". Below the menu bar is a toolbar with icons for running, stopping, saving, and other functions. The main text area contains the following code:

```
/*  
 * Blink  
 * Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.  
 *  
 * This example code is in the public domain.  
 */  
  
void setup() {  
  // initialize the digital pin as an output.  
  // Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards:  
  pinMode(13, OUTPUT);  
}  
  
void loop() {  
  digitalWrite(13, HIGH); // set the LED on  
  delay(1000);           // wait for a second  
  digitalWrite(13, LOW); // set the LED off  
  delay(1000);           // wait for a second  
}
```

Figura 3: IDE do Arduino  
Fonte: Acervo do Autor

## 2.3 XBEE

Os módulos Xbee, desenvolvidos pela empresa Digi, permitem a comunicação numa rede ZigBee, possibilitando que diversos dispositivos estejam conectados uns com os outros. Vale lembrar que uma das maneiras mais fáceis de utilização de tais módulos é ligá-los aos respectivos Shields, que acoplados aos kits Arduino permitem com que interajamos com as portas de entrada e saída dos kits.

Para configuração dos módulos, atualização de firmwares e outras funções, a Digi desenvolveu o software X-CTU<sup>5</sup>, o qual possibilita fazer a configuração dos módulos de maneira simples e intuitiva.

<sup>4</sup> <http://arduino.cc/hu/Main/Software>

<sup>5</sup> [http://ftp1.digi.com/support/utilities/40003002\\_B.exe](http://ftp1.digi.com/support/utilities/40003002_B.exe)



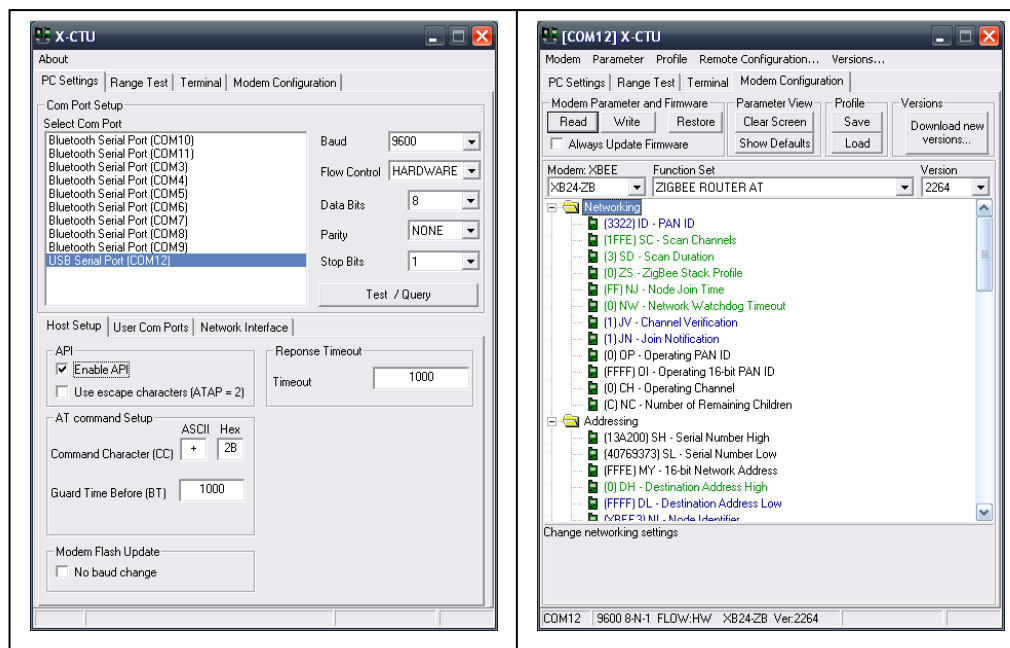


Figura 4: X-CTU  
Fonte: Acervo do Autor

### 3.4 SENSORES E ACIONADORES

Apesar de todo o projeto estar voltado a utilização dos kits Arduino em conjunto com os módulos XBee, o mesmo nada faria sem a utilização de sensores, como termistores, sensores de umidade e temperatura, relês entre outros dispositivos que irão coletar informações do ambiente ou acionar equipamentos que utilizam voltagem e/ou amperagem maior do que a suportada pelos kits.

## 3 ZIGLAR

O problema da acessibilidade é muito grande ainda nos dias de hoje, mesmo com as tecnologias que estão surgindo e evoluindo como nunca, o que as torna mais baratas, acessíveis e com isso, novas ideias podem se tornar realidade.

Tomando isso como base, o ZigLar foi criado como uma proposta de auxiliar as pessoas com deficiência física terem maior autonomia, criando ambientes acessíveis para os mesmos. Mesmo com muitas pesquisas na área, onde veículos adaptados facilitam a sua locomoção, calçadas com rampas que tornam as ruas mais acessíveis não só para as pessoas

com deficiência, mas também, por exemplo, os idosos que merecem atenção especial, o deficiente geralmente encontra dentro de seu lar muitas dificuldades. O fato é que para uma pessoa que não possua nenhuma deficiência física em geral não é difícil ir até um interruptor e ligar uma lâmpada ou ventilador num cômodo, verificar como está o ambiente, mesmo que esse local tenha algum obstáculo a ser ultrapassado. Mas a dificuldade para uma pessoa cadeirante, por exemplo, é muito maior, desviar de obstáculos dentro de residências onde geralmente não há muito espaço e alcançar um interruptor que nem sempre está ao seu alcance às vezes se torna uma missão impossível.

O ZigLar foi desenvolvido como uma proposta de baixo custo para automação residencial, que possa ser utilizada facilmente por pessoas deficientes físicas, uma vez que o projeto pode ser facilmente readaptado dependendo da situação. Utilizando hardware de custo reduzido, como kits Arduino, o projeto permite upgrades constantes tanto na parte de hardware quanto no software que irá comandar e gerenciar os equipamentos ligados a rede. Por exemplo, uma pessoa paraplégica, pode utilizar botões para controlar dispositivos, já uma pessoa tetraplégica, a solução não seria a mais adequada, então há a possibilidade de trocar esses botões por joystick ou até mesmo algum equipamento que interprete comandos de voz, isso sem alterar a base do projeto, e sim fazendo algumas alterações no hardware e no software será executado pelos kits Arduino.

Outro aspecto em que se pensou foi na utilização de redes sem fio. No ZigLar foi optado a utilização da tecnologia ZigBee, pelas características apresentadas no capítulo anterior. Mas isso não significa que o protótipo só poderia ser criado utilizando módulos Xbee para a transmissão e recepção dos dados, pois no mesmo poderiam ser empregadas tecnologias como o Bluetooth, Wi-Fi entre outras tecnologias de rede. Porém, como a tecnologia ZigBee apresentou vantagens sobre as outras, está em constante evolução e principalmente, por ser uma tecnologia criada para automação, esta foi a mais adequada ao projeto. Outra consideração que deve ser feita é que mesmo utilizando a tecnologia sem fios ZigBee, nada impede de no futuro essa rede seja híbrida, podendo utilizar além do ZigBee outras redes sem fio, como já pode ser visto em alguns projetos de automação residencial.

### 3.1 ARQUITETURA

A arquitetura do ZigLar é centralizada, basicamente dividida em duas partes, o Coordenador da rede ZigBee e os dispositivos remotos, que podem ser Routers ou End

Devices. Embora haja diferenças entre esses dois tipos de dispositivos, todos utilizam kits Arduino para executar as tarefas previamente estabelecidas e módulos XBee para fazer a comunicação sem fio entre os componentes da rede. A arquitetura de redes ZigBee a ser empregada no projeto é a estrela (Star), por trazer mais facilidade na configuração dos dispositivos e ainda, por se tratar de ambiente interno, com área de testes relativamente pequena, não se torna necessário a utilização de outra topologia.

O dispositivo Coordenador da rede, que conta com os requisitos para manter o funcionamento dos equipamentos e mostrar os dados coletados, será responsável pela criação e funcionamento da rede ZigBee. Como se pensou na dificuldade que algumas pessoas com deficiência física possuem em utilizar diretamente um microcomputador, o Coordenador foi concebido utilizando um kit Arduino com seu respectivo módulo XBee. Para controlar os dispositivos, há a possibilidade de utilização tanto de botões posicionados de forma em que o deficiente tenha fácil acesso a eles ou ainda, outro dispositivo como um joystick ou algo que facilite ainda mais a utilização dos dispositivos, como por exemplo, um módulo de reconhecimento de controle de voz.

Nos dispositivos remotos, também constituídos de um kit Arduino e módulo XBee estarão ligados sensores e acionadores, controlados pelo coordenador da rede. Estes dispositivos remotos receberão os comandos via rede sem fio ZigBee, efetuando tarefas previamente estabelecidas e ainda, enviando dados para o coordenador constantemente, lembrando que tudo voltado para a pessoa com deficiência física, de forma que ele consiga operar os dispositivos da forma mais simples possível.

### **3.1.1 Dispositivos Remotos**

Os dispositivos remotos são compostos por kits Arduinos, alimentados por uma fonte de energia que pode ser uma bateria de 9V, aos quais estão ligados componentes como LEDs que indicarão algum evento ou algum circuito com relê, que servirá como interruptor. A utilização de relês se torna interessante no projeto de automação para deficientes justamente pelo fato de que o relê pode ser ligado a tensões mais elevadas e assim servir de interruptor de lâmpadas, ventiladores entre outros aparelhos, isso tudo controlado remotamente. Além disso, os dispositivos remotos do ZigLar contam com sensores que podem informar vários tipos de informações ao usuário. Os sensores inclusos no projeto até então são sensores de umidade/temperatura e de luminosidade, que informarão ao Coordenador dados sobre essas

variáveis, sendo que com a posse dessas informações, o usuário poderá optar por acionar ou não algum dispositivo. Por exemplo, se o sensor de luminosidade indicar que determinado cômodo está com a luminosidade muito baixa, o usuário pode optar por acionar uma lâmpada no recinto sem que o mesmo necessite se deslocar até um interruptor convencional que certamente ficaria na parede e às vezes inalcançável, sendo que o acionamento dessa lâmpada bem como o conhecimento da situação de luminosidade se dá de forma remota, ou seja, o usuário não necessita estar fisicamente no ambiente para isso.

Pode-se ter uma noção de um dispositivo remoto visualizando o esquema que segue, mostrando a ligação entre os componentes eletrônicos ao kit Arduino, onde se encontram LEDs conectados a uma protoboard e ligados a determinadas saídas digitais, bem com um dos relês ligado a determinada saída. Como já foi citado anteriormente, esses relês é que farão o papel dos interruptores convencionais, dispensando com que o deficiente tenha que se deslocar até determinado local para acionar determinado dispositivo. Os sensores mencionados também podem ser vistos na imagem, sendo que os mesmo farão coletas de dados periodicamente para informar ao coordenador da rede, podendo então estas informações ser mostradas ao usuário por alguma interface visual como um pequeno display de cristal líquido.

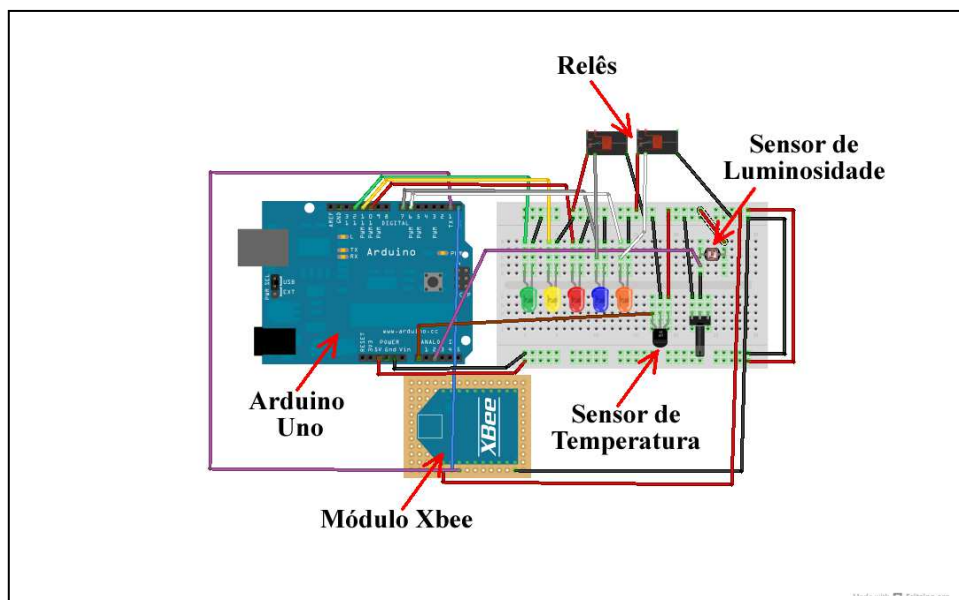


Figura 5: Módulo remoto.  
Fonte: Acervo do Autor

### 3.1.2 Coordenador

O dispositivo central do ZigLar, também conhecido como Coordenador, também é composto por um kit Arduino e a troca de mensagens com os dispositivos remotos é possibilitada com a utilização de módulo Xbee. Porém no projeto do Coordenador alguns detalhes tiveram que ser estudados antes de montar o projeto.

Sabendo que o dispositivo será operado por pessoas com certo grau de deficiência física, houve o cuidado para que o protótipo fosse readaptado facilmente para as necessidades desse usuário. Para tanto, como no projeto está sendo utilizado até o momento protoboards e não placas para acomodação dos dispositivos eletrônicos viu-se a necessidade de separar os dispositivos de comando do display, para que os mesmos possam ser adaptados conforme a situação. Com a utilização de duas protoboards de tamanho pequeno, conseguiu-se com que o visor fique do melhor ângulo, para que o deficiente possa ver as informações no mesmo sem dificuldades. Também os comandos, podem ser ajustados de maneira com que algum botão seja pressionado sem dificuldades.

O funcionamento do Coordenador da rede também é mais complexa, pois é ele que cria a rede ZigBee, detecta dos dispositivos que desejam entrar nessa rede e autorizam ou não o acesso desses dispositivos a rede. Isso sem contar com o fato de que o Coordenador pode ser operado de várias formas, que varia desde botões até com comando de voz, possibilitando que pessoas que não tenham nenhum movimento dos membros superiores possam interagir com o protótipo.

Na imagem que segue, pode-se ter uma idéia de como é o coordenador, com seus botões de controle ligados a uma protoboard separada do display de cristal líquido para melhor ajuste as necessidade da pessoa que irá utilizar o protótipo. Também fica clara a existência do módulo de reconhecimento de voz, que dá um diferencial a mais no projeto, uma vez que todos não há a necessidade do usuário ter que utilizar os botões caso não seja possível.

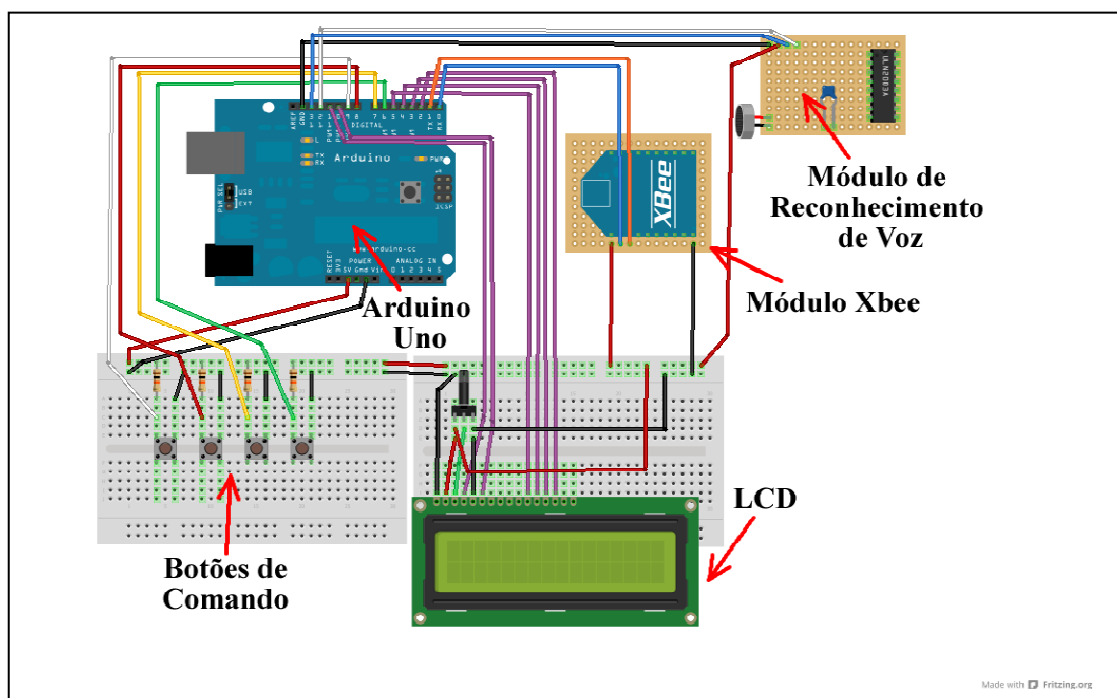


Figura 6: Coordenador da Rede.  
Fonte: Acervo do Autor

## 4 EXPERIMENTOS

Para a validação do protótipo foram feitos alguns experimentos com o auxílio de um usuário com limitações físicas para certificar que o ZigLar realmente pode vir a facilitar a vida de pessoas com deficiência física.

Durante os testes foram feitas algumas mudanças no projeto para que o mesmo se adequasse melhor a situação do usuário cadeirante. Após isso, foi explicado como funcionaria cada função do sistema e como cada comando deveria responder ao usuário, e as informações que estariam disponíveis durante os experimentos.

Os primeiros testes focaram o envio de comandos do Coordenador para o dispositivo remoto. Ao pressionar alguma tecla, o programa deveria ler essa mudança de estado do botão e invocar alguma função que transmitisse essa mudança através de um pacote de dados, enviando pelo módulo Xbee para o dispositivo remoto. O dispositivo remoto, que está à espera de pacotes de dados, lê essas informações e as interpreta de acordo com o que foi estabelecido no código fonte, acionando ou não determinada porta do Arduino, na qual estará ligado algum equipamento. Basicamente o teste consistiu no fato de que se o usuário pressionasse determinado botão ligado ao Coordenador, uma lâmpada seria acionada remotamente de maneira simples, coisa que para tal usuário, seria praticamente impossível

tendo em vista que todos os interruptores de lâmpadas ficam em locais de difícil acesso para o mesmo.

Prosseguindo com os testes, procurou-se obter dados de determinado cômodo da residência onde o dispositivo remoto encontrava-se instalado, no caso, o quarto. Neste caso o Coordenador fica esperando por pacote de dados provenientes do dispositivo para atualizar uma pequena tela de cristal líquido nele instalado. Para que fosse possível alternar entre as telas do software, foi inserido um botão a parte, que tem por finalidade alternar as funções mostradas no LCD. Foi definido que ao iniciar o sistema, após a tela de boas vindas, é mostrado em seguida informações de temperatura e umidade do ambiente. Com posse dessas informações, o usuário poderia então acionar um ventilador ligado ao dispositivo remoto utilizando o botão específico para isso. Foi pensado então na possibilidade de automatizar o processo de acionar o equipamento de ventilação se determinada temperatura fosse alcançada, então sempre que a temperatura ambiente ultrapassar o limite definido, o Coordenador envia um comando para o dispositivo remoto acionar o ventilador e assim baixar a temperatura. Para que o usuário pudesse perceber o que estava acontecendo, no caso do valor da temperatura ultrapassar o valor limite, além de acionar o equipamento remoto, aparece uma mensagem de alerta no LCD. Vale lembrar de que o dispositivo remoto envia os dados periodicamente ao Coordenador em forma de pacotes de dados, de maneira semelhante de que recebe os comandos, assim como é definido no modo API do ZigBee.

Prosseguindo com a verificação dos dados enviados pelo dispositivo remoto, recebidos e tratados pelo Coordenador, foi criada uma função onde se pode verificar a situação de determinado equipamento. Na realidade o que é verificado se determinada porta encontra-se ligada ou desligada, logo em posse dessa informação, pode-se saber se uma lâmpada ligada a um relê que se encontra ligada a porta x, por exemplo, está ligada naquele momento ou não, pois é o Arduino que vai acionar ou não o relê. O princípio é básico, mas com isso pode-se verificar se uma janela encontra-se aberta ou fechada, utilizando algum sensor específico, ou seja, o deficiente não necessita ir até o cômodo para verificar o estado dos dispositivos ligados ao ZigLar.

Outras funções foram inseridas e testadas, como a automação da iluminação ambiente através de sensores de luminosidade instalados em locais estratégicos, diminuindo o risco de algum acidente dentro da residência por má iluminação. A intensidade da iluminação do ambiente também se encontra disponível no LCD do Coordenador.

Após todos esses testes, foi inserido um módulo de reconhecimento de voz EasyVR<sup>6</sup> no protótipo, e modificadas algumas funções já existentes no código fonte para que a placa ligada funcionasse corretamente com o projeto já em andamento.



Figura 7: Módulo de reconhecimento de voz.  
Fonte: Acervo do Autor

Após alguns ajustes, foram efetuados testes para verificar se realmente os comandos de voz faziam o mesmo papel dos botões. Notou-se que apesar de alguns detalhes como o ruído do ambiente atrapalharem um pouco o reconhecimento desses comandos já designados para acionarem determinada função, a utilização da placa de reconhecimento de comandos aumentou em muito a possibilidade de expansão do projeto, uma vez que no uso de botões, cada botão utilizava uma porta, e com comandos de voz, duas portas apenas podem acionar inúmeras funções pré estabelecidas com comando previamente testados. Sem contar com o fato de que para o deficiente, a possibilidade de acionar algum dispositivo apenas pronunciando apenas uma palavra, acabou sendo muito importante para sua autonomia. Um detalhe que teve que ser levado em consideração é que o software da placa não está preparado para comandos em português, então foi deixado como padrão a língua inglesa.

Na imagem a seguir estão inclusos o coordenador, o dispositivo remoto e uma lâmpada a este, através do relê mencionado anteriormente.

---

<sup>6</sup> <http://www.veear.eu/Products/EasyVR.aspx>



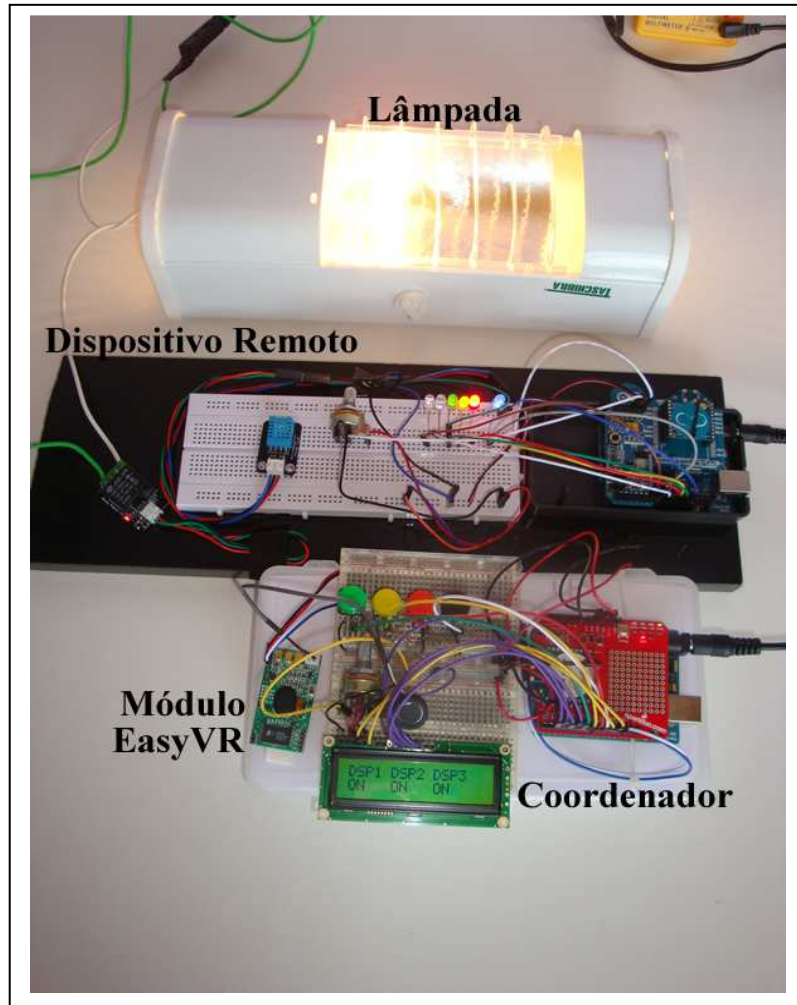


Figura 8: Coordenador e o dispositivo remoto ligando uma lâmpada.  
Fonte: Acervo do Autor

Neste teste foram posicionados todos os elementos para que o protótipo pudesse ser visto em funcionamento numa só imagem. Na tela pode-se verificar no LCD que as portas destinadas a acionar os LEDs estão ativadas e no dispositivo remoto pode-se comprovar isso, pois nota-se que os LEDs vermelho, amarelo e verde estão ligados. Neste teste optou-se ligar o relê que aciona a lâmpada na mesma porta em que está ligado o LED verde, então no acionamento do respectivo LED, a lâmpada é acionada em conjunto com o mesmo.

## 5 CONCLUSÃO

Pessoas deficientes físicas encontram problemas diários em se tratando de acessibilidade, seja nas ruas bem como na sua própria casa, que na maioria das vezes não está

adequada a sua situação. Várias soluções surgem para resolver muitos desses problemas, mas na maioria dos casos as tecnologias são ineficientes para melhorar a acessibilidade ou tem um custo de implantação muito grande.

Com a evolução tecnológica nos dias atuais, há mais possibilidades a serem pensadas antes de projetar a automação residencial, uma dessas tecnologias disponíveis no mercado é a de redes sem fio ZigBee, que apresenta várias vantagens perante as outras com características semelhantes, uma delas é o alto alcance mesmo em se tratando de redes pessoais e o baixo consumo de energia.

Neste artigo foi apresentado um protótipo que vem a auxiliar ao deficiente a controlar dispositivos e verificar informações de forma fácil, trazendo mais autonomia e comodidade para o mesmo, propiciando melhor qualidade de vida para pessoas com deficiência física, que agora, com o apertar de um botão ou apenas um comando de voz, pode acionar dispositivos a uma considerada distância de onde o usuário se encontra.

## 5.1 TRABALHOS FUTUROS

Este projeto é uma base para a melhoria da qualidade de vida de pessoas com deficiência física utilizando tecnologias relativamente baratas e de ponta, como é o caso das redes ZigBee.

Verificou-se no decorrer da realização dos experimentos que alguns aspectos do projeto podem ser melhorados para facilitar ainda mais, como a criação de novas funções, inclusão de novos dispositivos na rede para que o usuário tenha o controle do máximo de equipamentos possíveis e assim melhorar a acessibilidade dentro de sua própria casa.

Outro ponto que pode ser trabalhado ainda é na melhoria do código que trata dos comandos de voz, para que o usuário não tenha que repetir o mesmo comando em algumas ocasiões para que algo seja acionado, e ainda, diminuir o delay existente para que as tarefas sejam executadas imediatamente após o comando.

A continuidade desse projeto é de grande importância para que se possa dar ao portador de deficiência física mais facilidade de controlar dispositivos dentro de sua própria casa utilizando tecnologias disponíveis no mercado, como é o caso das redes sem fio ZigBee.

## REFERÊNCIAS

CAPRILE, Sergio L. **Equisbí**: desarrollo de aplicaciones con comunicación remotas basadas en módulos ZigBee y 802.15.4. - 1a ed. – Buenos Aires: Gran Aldea Editores – GAE, 2009.

DANTAS, Mario. **Redes de Comunicação e Computadores**: Abordagem Quantitativa. Florianópolis: Visual Books, 2010. 328 p.

CHAN, Margaret; ZOELLICK, Robert B. **WORLD REPORT ON DISABILITY**. Disponível em: <[http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789240685215\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789240685215_eng.pdf)>. Acesso em: 01 de nov. 2011.

EUZÉBIO, Michel Vinicius de Melo. **DroidLar** - Automação residencial através de um celular Android. Monografia (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações) - Instituto Federal de Santa Catarina, São José, 2011. Disponível em: <<http://www.sj.ifsc.edu.br/~mello/artigos/droidlar-2011.pdf>>. Acesso em: 29 de set. 2011.

FALUDI, Robert. **Building Wireless Sensor Networks**. United States of America: O'Reilly, 2011.

FARAHANI, Shahin. **Zigbee Wireless Networks And Transceivers**. United States: Elsevier, 2008.

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS – IEEE. **Part 15.4**: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs). New York, September 2006. Disponível em: <<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4-2006.pdf>>. Acesso em: 01 de nov. 2011.

MANSO, Maria Elisa Gonzalez. **Os portadores de necessidades especiais e o novo Código Civil**. Disponível em: <<http://jus.com.br/revista/texto/4314/os-portadores-de-necessidades-especiais-e-o-novo-codigo-civil>>. Acesso em: 29 de out. 2011.

MARGOLIS, Michael. **Arduino Cookbook**. United States of America: O'Reilly, 2011.

MESSIAS, Antônio R. **Controle remoto e aquisição de dados via XBee/ZigBee (IEEE 802.15.4)**. Disponível em: <<http://www.rogercom.com/ZigBee/ZigBee.htm/>>. Acesso em: 07 de abr. 2011.

MIZUSAKI, Lucas Eishi Pimentel. **Comparação de Mecanismos de Comunicação para a Casa Inteligente**. Monografia (Curso de Engenharia da Computação) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, junho de 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/25607/000754640.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 29 de out. 2011.

OXER, Jonathan; BLEMINGS, Hugh. **Practical Arduino**: Cool Projects for Open Source Hardware. United States of America. Apress, 2009.

SANTANA, Everton da Silva; REHEM NETO, Almerindo Nascimento. **Wireless Sobre Controle:** Usando o Padrão 802.15.4 no Gerenciamento de Appliances em Rede. Disponível em: < [http://almerindo.devin.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=86:wireless-sobre-controle-usando-o-padrao-802154-no-gerenciamento-de-appliances-em-ede&catid=43:trabalhos-de-alunos&Itemid=18](http://almerindo.devin.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=86:wireless-sobre-controle-usando-o-padrao-802154-no-gerenciamento-de-appliances-em-ede&catid=43:trabalhos-de-alunos&Itemid=18)>. Acesso em: 07 de abr. 2011.

ZIGBEE ALLIANCE. **ZIGBEE HOME AUTOMATION PUBLIC;** application profile. Disponível em: <[http://www.zigbee.org/zigbee/en/spec\\_download/spec\\_download.asp?AccessCode=533668609](http://www.zigbee.org/zigbee/en/spec_download/spec_download.asp?AccessCode=533668609)> Acesso em: 26 de out. 2011.