

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE  
MINAS GERAIS  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA**

**ALESSANDRO FERNANDES VASCONCELOS BARBOSA**

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVOS DE DOMÓTICA DE BAIXO  
CUSTO VISANDO ECONOMIA ELÉTRICA E SEGURANÇA  
RESIDENCIAL**

**Divinópolis/MG  
2014**

**Alessandro Fernandes Vasconcelos Barbosa**

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVOS DE DOMÓTICA DE BAIXO  
CUSTO VISANDO ECONOMIA ELÉTRICA E SEGURANÇA  
RESIDENCIAL**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Mecatrônica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Câmpus Divinópolis, como requisito para graduação e obtenção do título de **Engenheiro Mecatrônico**.

**Orientador: Prof. Dr. Sandro Trindade Mordente Gonçalves**

**Divinópolis/MG  
2014**



**Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais**  
**CEFET-MG / Campus Divinópolis**  
**Curso de Engenharia Mecatrônica**

Monografia intitulada “Desenvolvimento de dispositivo de Domótica de baixo custo visando economia energética e segurança residencial”, de autoria do graduando Alessandro Fernandes Vasconcelos Barbosa, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

Prof. Dr. Sandro Trindade Mordente Gonçalves - CEFET-MG / Campus Divinópolis - Orientador

---

Prof. M. Sc. Marlon Henrique Teixeira - CEFET-MG / Campus Divinópolis

---

Prof. Dr. João Carlos De Oliveira - CEFET-MG / Campus Divinópolis

---

Prof. Dr. Valter Junior de Souza Leite  
Coordenador do Curso de Engenharia Mecatrônica  
CEFET-MG / Campus Divinópolis

Divinópolis - Fevereiro de 2014

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente minha mãe, pois sem sua ajuda e suporte incondicional não conseguiria concretizar este objetivo. Agradeço também a Jessica por me apoiar e incentivar desde o começo desta caminhada.

Agradeço também aos meus irmãos Fred e Vinícius pelo companheirismo, apoio e por partilhar a boa educação que tivemos durante toda a vida. Aos meus colegas de faculdade que ao longo desse tempo se tornaram amigos, deixando os dias mais leves e divertidos.

Por fim, dedico essa conquista a memória de meu pai, pois através de seu esforço em vida, me possibilitou ter a estrutura e a oportunidade de estudar em bons colégios além de ser um exemplo para mim.

## RESUMO

BARBOSA, Alessandro Fernandes Vasconcelos. **Desenvolvimento de dispositivo de Domótica de baixo custo visando economia elétrica e segurança residencial**. 2014. 90f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecatrônica. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Câmpus Divinópolis, 2014.

A presente monografia apresenta uma proposta de um sistema de automação residencial usando como meio de comunicação sem fio a tecnologia ZigBee. O dispositivo proposto irá atuar no controle da iluminação e das tomadas da rede elétrica para que possa auxiliar na economia, no controle paterno e na segurança da residência. Esse projeto envolve estudos nas áreas de eletrônica e computação, presentes no curso de engenharia mecatrônica. O desenvolvimento deste processo consiste em estudar, comparar e escolher os dispositivos mais baratos e com o menor consumo de energia para a comunicação. Além do tipo de controle de acionamento de luzes e tomadas. Consiste ainda no desenvolvimento de um *software* de utilização fácil e intuitiva. Para tanto, o dispositivo proposto foi construído com relés, acionados por módulos ZigBee e controlados por um programa supervisorio criado em C#(CSharp).

**Palavras-chave:** Domótica; ZigBee; Iluminação; automação a baixo custo.

## ABSTRACT

This monograph presents a proposal of a home automation system using as a means of wireless communication the ZigBee technology. The proposed device will act to control the lighting and mains AC outlets so you can help the economy, parental control and security of residence. This project involves studies in electronics and computing gifts in the course of mechatronics engineering. The development of this process is to study, compare and choose the cheapest and the lowest energy consumption for communication devices. Besides the type of drive control of lights and sockets. It also included the development of a software easy and intuitive to use. Thus, the proposed device has been built with relays, triggered by ZigBee modules and controlled by a supervisory program created in C # (CSharp).

**Keywords:** Domotic; ZigBee; lighting; low cost; Home automation.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1:</b> Distribuição percentual da população residente, por sexo, segundo os grupos de idade – Brasil – 2001/2011 .....	15
<b>Figura 2.2:</b> Importância dos inputs da domótica de acordo com diferentes faixas etárias e estados de mobilidade.....	16
<b>Figura 2.3:</b> Distribuição percentual do rendimento familiar <i>per capita</i> .....	16
<b>Figura 2.4:</b> Tipos de redes domésticas .....	17
<b>Figura 2.5:</b> Princípio de funcionamento X-10.....	18
<b>Figura 2.6:</b> Principais tipos de receptores X-10.....	19
<b>Figura 2.7:</b> Principais tipos de atuadores X-10.....	19
<b>Figura 2.8:</b> Principais tipos de dispositivos X-10.....	19
<b>Figura 2.9:</b> Exemplo de rede EIB.....	21
<b>Figura 2.10:</b> Comparação entre as transmissões sem fio .....	25
<b>Figura 2.11:</b> Exemplo de sistema Multi Split .....	27
<b>Figura 2.12:</b> Lareira elétrica .....	28
<b>Figura 2.13:</b> Piso aquecido .....	29
<b>Figura 2.14:</b> Exemplos de lâmpadas controladas remotamente .....	30
<b>Figura 2.15:</b> Luminária com energia solar.....	30
<b>Figura 2.16:</b> Sistema de iluminação Scenario.....	31
<b>Figura 3.1:</b> Comparativo de protocolos de rede .....	34
<b>Figura 3.2:</b> Camadas do protocolo ZigBee.....	35
<b>Figura 3.3:</b> Faixas de frequência do padrão IEEE 802.15.4.....	36
<b>Figura 3.4:</b> Tipos de dispositivos segundo a IEEE 802.15.4 .....	38
<b>Figura 3.5:</b> Exemplo de rede ZigBee.....	39
<b>Figura 3.6:</b> Exemplo de rede <i>mesh</i> .....	40
<b>Figura 3.7:</b> Exemplo de rede <i>tree</i> .....	40
<b>Figura 3.8:</b> Exemplo de rede <i>star</i> .....	41
<b>Figura 4.1:</b> Conceito de atuação do dispositivo .....	45
<b>Figura 4.2:</b> Exemplo de desligamento de quarto.....	46
<b>Figura 4.3:</b> Módulo XBee-PRO .....	50
<b>Figura 4.4:</b> Placa COM-USBBEE .....	51
<b>Figura 4.5:</b> Projeto inicial para <i>hardware</i> .....	53
<b>Figura 4.6:</b> Alimentação do módulo ZigBee.....	54
<b>Figura 4.7:</b> Acionamento do relé.....	54
<b>Figura 4.8:</b> Visual Studio 2012 .....	56
<b>Figura 4.9:</b> Programa supervisorio pretendido .....	57
<b>Figura 5.1:</b> Tipos de antena de módulos ZigBee.....	59
<b>Figura 5.2:</b> Acessórios disponíveis para os módulos ZigBee.....	60
<b>Figura 5.3:</b> Módulo Garabee.....	60
<b>Figura 5.4:</b> Placa COM-USBBEE .....	61
<b>Figura 5.5:</b> Circuito de acionamento dos relés .....	62
<b>Figura 5.6:</b> Tabela de pinos do Garabee .....	63
<b>Figura 5.7:</b> <i>Protoboard</i> com os componentes .....	68
<b>Figura 5.8:</b> Acionamento de relés na placa de ensaio.....	68
<b>Figura 5.9:</b> Desenho do circuito impresso.....	69
<b>Figura 5.10:</b> Passando o desenho para a placa.....	69
<b>Figura 5.11:</b> Placas de circuito impresso.....	70
<b>Figura 5.12:</b> Vista superior das placas.....	70
<b>Figura 5.13:</b> Placa com relé .....	71
<b>Figura 5.14:</b> Visual Studio 2012 .....	71
<b>Figura 5.15:</b> Conectando a porta serial .....	72
<b>Figura 5.16:</b> Acionamento do relé .....	73

<b>Figura 5.17:</b> Sincronizando o horário atual.....	74
<b>Figura 5.18:</b> Checa se a caixa está marcada.....	74
<b>Figura 5.19:</b> Executa o comando.....	75
<b>Figura 5.20:</b> Supervisório V1.0.....	75
<b>Figura 6.1:</b> Testes de consumo.....	77
<b>Figura 6.2:</b> Consumo de aparelhos domésticos em <i>standby</i> (Wh/h). .....	79



**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 4.1:</b> Densidade de carga de pontos de luz .....	47
<b>Tabela 6.1:</b> Correntes de entrada .....	77
<b>Tabela 6.2:</b> Correntes do relé .....	78
<b>Tabela 6.3:</b> Correntes calculadas .....	78
<b>Tabela 6.5:</b> Potência média em 2013 .....	80
<b>Tabela 6.6:</b> Custos do projeto .....	80
<b>Tabela 8.1:</b> Preços de dispositivos de Domótica .....	84
<b>Tabela 8.2:</b> Listas de Comandos .....	85

# SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	10
1.1	Contextualização .....	10
1.2	Objetivo .....	10
1.3	Relevância.....	11
1.4	Organização do documento .....	13
2.	DOMÓTICA .....	14
2.1	Introdução .....	14
2.2	Importância e perspectivas .....	14
2.3	Redes Domiciliares para automação.....	17
2.3.1	Sistema X-10.....	18
2.3.2	CEBus .....	20
2.3.3	EIB.....	21
2.3.4	LonWorks.....	22
2.3.5	Smart House .....	22
2.3.6	UPnP .....	23
2.3.7	Bluetooth.....	23
2.3.8	WiFi.....	24
2.3.9	UWB.....	25
2.3.10	ZigBee .....	25
2.4	Sistemas disponíveis atualmente .....	26
2.4.1	Climatização .....	26
2.4.2	Iluminação .....	29
2.4.3	Sistema de som .....	31
2.4.4	Segurança .....	31
3.	REFERENCIAL TEÓRICO E TECNOLÓGICO .....	33
3.1	Introdução .....	33
3.2	ZigBee .....	33
3.2.1	Introdução .....	33
3.2.2	Comparação com outras tecnologias.....	34
3.2.3	Camadas de Protocolos .....	34
3.2.4	Topologia ZigBee .....	37
3.2.5	Vantagens e Aplicações.....	41
3.3	Sensores e Atuadores.....	41
3.4	Linguagens de Programação .....	42
3.4.1	Linguagem C .....	43
3.4.2	Linguagem PHP.....	43

3.4.3 Java .....	43
3.4.4 C# (Csharp) .....	43
4. Dispositivo proposto .....	45
4.1 Dispositivo .....	45
4.2 Eletrônica ( <i>Hardware</i> ) .....	47
4.2.1 Atuador.....	47
4.2.2 Módulo ZigBee .....	49
4.2.3 Placa CON-USBBEE .....	51
4.2.4 Modelo proposto.....	51
4.3 Programação ( <i>Software</i> ) .....	55
5. Construção do Dispositivo.....	58
5.1 Escolha e compra dos componentes.....	58
5.2 Montagem da placa.....	61
5.2.1 Configuração dos módulos.....	63
5.2.2 Placa de ensaio .....	67
5.2.3 Placa de circuito impresso.....	69
5.3 Programação .....	71
6. Resultados e Perspectivas .....	76
6.1 Funcionamento .....	76
6.2 Consumo.....	76
6.3 Custo.....	80
7. BIBLIOGRAFIA .....	82
8. ANEXOS.....	84
ANEXO A .....	84
ANEXO B .....	85

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A área da Domótica, que se caracteriza na interação entre ambientes inteligentes e automatizados, se faz interessante por ser um tema bastante encontrado em pesquisas sobre tecnologia e automação de sistemas.

O curso de engenharia mecatrônica sugere este tipo de investigação, pois o curso inclui quatro eixos principais: mecânica, eletrônica, computação e controle. Unindo estes eixos, inevitavelmente encontram-se a tarefa de automatizar algum tipo de sistema, incluindo de indústrias de grande porte às mais simples construções residenciais.

Pode-se observar em (BOLZANI, 2004), que o tema é muito estudado. Pesquisas e projetos ainda são recentes, mas apesar de um crescimento acelerado, essa tecnologia ainda é um privilégio para poucos. Historicamente, quando se trata de um campo de estudos recente, espera-se que a tecnologia desenvolvida seja pouco acessível, tanto em termos financeiros quanto às técnicas desenvolvidas. Desta forma, os pesquisadores priorizam os estudos, e com o tempo aumenta a tendência de difusão das informações, tornando assim a área em questão mais acessível.

Por essas características e através de um melhor aprofundamento na área constatou-se que esse tipo de automação foi pouco desenvolvido para a população em geral. Assim, constatou-se a necessidade de usar a automação doméstica com o propósito de economia de recursos elétricos, projetando dispositivos baratos que também auxiliariam na segurança das residências.

### 1.2 OBJETIVO

Este trabalho tem como finalidade desenvolver um dispositivo e um *software* de baixo custo e fácil implementação que seja capaz de auxiliar o usuário na economia de energia elétrica além de auxiliar no controle da iluminação e do uso de aparelhos eletrônicos. Este aparelho deverá ajudar na segurança, ser barato e de fácil implantação para que atinja todas as classes econômicas.

### 1.3 RELEVÂNCIA

A área da Domótica vem crescendo juntamente com o avanço tecnológico e a cultura da nova geração, chamada de geração Y ou geração da informação. Para essas pessoas tudo que possa interagir com a internet, juntamente com *tablets*, celulares, *smartphones* e computadores são mais atrativos. Isso inclui tarefas mais simples como ligar e desligar luzes e aparelhos domésticos.

Esses jovens poderão usar este tipo de tecnologia para aprenderem a economizar energia, pois a facilidade de desligar e ligar luzes e aparelhos eletrônicos irá fazer com que essa nova geração utilize menos o atual *standby*.

O *standby* é um termo usado atualmente quando aparelhos eletrônicos ficam em estado de espera ao serem aparentemente desligados. Estes aparelhos permanecem prontos para entrar novamente em operação, a partir de algum comando, e desta forma continuam consumindo energia, mesmo que em um nível menor.

Em termos acadêmicos esse estudo se torna relevante, pois observa-se que essa tecnologia ainda está pouco difundida nos países menos desenvolvidos como o Brasil, sobretudo nas classes econômicas de menor poder aquisitivo.

Essa tendência pode ser explicada pelo tipo de conceito usado na maioria dos projetos de automação residencial onde se percebe que a maioria deles são desenvolvidos no intuito de proporcionar conforto, luxo e comodidade como demonstrado em (Lipovestsky, 2005, p. 62) *apud* (DIAS e PIZZOLATO, 2004).

Os autores relatam que a sociedade está cada vez mais preocupada com a qualidade de vida e o “*luxo emocional*”, expressão usada para pessoas que procuram investir naquilo que lhes oferece prazer. Outros tipos de Domótica são projetados para auxiliar portadores de algum tipo de deficiência motora ou de outra espécie.

Portanto, o uso desta tecnologia é pouco investigado para a economia de recursos, seja de energia elétrica, de água potável ou até mesmo de resíduos como lixo orgânico entre outros, além de praticamente não ser empregado em residências mais modestas. Para tanto se torna necessário pesquisas e desenvolvimentos para que esses dispositivos sejam baratos e fáceis de serem implantados e controlados, usando novas tecnologias de transmissão sem fio que tenham boa eficiência e baixo consumo.

O mercado imobiliário está começando a se adequar à Domótica, onde edifícios inteligentes estão otimizando a oferta em serviços de condomínio. Estas inovações

estão se tornando diferenciais na opção de compra de novas habitações, mas ainda são pouco usadas devido ao custo. É de se esperar que as cidades demorem um pouco a se adaptarem a este novo conceito de moradias inteligentes, porém a tendência é de que isso seja implantado cada vez mais rápido à medida que os custos desta tecnologia sejam menores.

Há uma necessidade cada vez maior de se economizar recursos como água potável e energia elétrica, não apenas por questões financeiras, mas principalmente devido à disponibilidade cada vez menor destes recursos, haja visto que a densidade demográfica esta cada vez maior, principalmente nas grandes cidades. Esse acúmulo de pessoas gera uma necessidade maior de se ofertar recursos básicos para uma vida saudável.

É prudente acreditar que a disponibilidade destes recursos não conseguirá crescer na mesma velocidade que a sociedade necessita, portanto, dispositivos que possam ajudar nesse quesito serão relevantes.

Outro fato importante nos dias atuais é o controle paterno, pois com o barateamento da tecnologia, torna-se cada vez mais comum encontrar televisores e computadores em vários cômodos de uma residência. O uso destes aparelhos eletrônicos poderá ser controlado simplesmente desligando a rede elétrica do quarto em horários pré programados ou desligando o aparelho roteador para impedir o acesso da rede *wi-fi*.

Por último, e não menos importante, seria a preocupação com a segurança doméstica, pois sabe-se que os assaltos a residências não são feitos por escolhas aleatórias. Os infratores investigam a casa por certo tempo para garantir a ausência dos moradores (SECRETARIA DE DEFESA SOCIAL, 2013). Nestes casos, o dispositivo que este trabalho visa desenvolver também pode ser usado para evitar esses assaltos. Para isso seria necessário apenas programar o acendimento de luzes em lugares e horários estratégicos e até mesmo de sons ou alto-falantes para inibir a ação dos assaltantes.

Além dos aspectos ecológicos e mercadológicos demonstrados em (DOMINGUES e FILHO, 2012), este estudo tem relevância acadêmica no que diz respeito a estudos em transmissão sem fio, configuração e programação de dados a serem enviados e recebidos, integração de redes com sensores e atuadores e programação para a criação de um programa supervisorio.

## 1.4 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

Este documento é composto por 6 capítulos, cada um apresentado da seguinte forma: O Capítulo 1 trata da contextualização do problema, do objetivo e da relevância acadêmica, pessoal e mercadológica. O Capítulo 2 apresenta uma visão um pouco mais aprofundada sobre a Domótica e sua história.

No terceiro capítulo é mostrado o estudo sobre os conceitos e materiais disponíveis no mercado para a automação residencial. Nele detalha-se o protocolo ZigBee, sensores e linguagens de programação. O Capítulo 4 descreve a parte de *hardware* e a parte de *software* do dispositivo proposto neste trabalho. Nesta etapa são definidos os elementos que serão utilizados para a montagem do produto que irá automatizar luzes e tomadas.

Os Capítulos 5 e 6 detalham o dispositivo sugerido por esta pesquisa, no primeiro é planejado a montagem do dispositivo, assim como sua configuração, além da criação e programação do *software* supervisor. Enquanto o segundo aponta os resultados e as perspectivas para o desenvolvimento do produto.

# CAPÍTULO 2

## 2. DOMÓTICA

### 2.1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 1920, com o surgimento dos primeiros eletrodomésticos nos Estados Unidos da América, os fabricantes usavam termos como “casa do futuro” para promover os benefícios que tais produtos trariam para os usuários. A certeza de poupar tempo e trabalho com tais produtos eram fatores importantes para alavancar as vendas dos mesmos.

Quase 100 anos depois, a casa inteligente é usada para alavancar vendas de produtos que facilitariam tarefas do dia a dia. Entretanto, estamos vivenciando a segunda grande onda da automação residencial. De acordo com (BOLZANI, 2006), isso começou depois da criação dos dispositivos X-10, no fim da década de 1970 (X-10 são dispositivos que emitem sinais de comando pela própria rede elétrica; tem sido usado até os dias de hoje). O sucesso deste sistema é a fácil adaptação do mesmo ao ambiente domiciliar, pois o uso deste não necessita de grandes alterações na arquitetura residencial, além de novos equipamentos de controle de iluminação e *home-theaters* incrementados.

A nova interação entre ambientes climatizados, controle de iluminação e equipamentos eletrônicos incorporaram a nova ciência da automação residencial denominada Domótica.

Esta, com caráter multidisciplinar, agrega vários conceitos de outras ciências como Arquitetura, Engenharia, Sociologia e Psicologia para desenvolver produtos que se adaptem a todas as necessidades dos usuários com os recursos tecnológicos cada vez mais fartos e acessíveis.

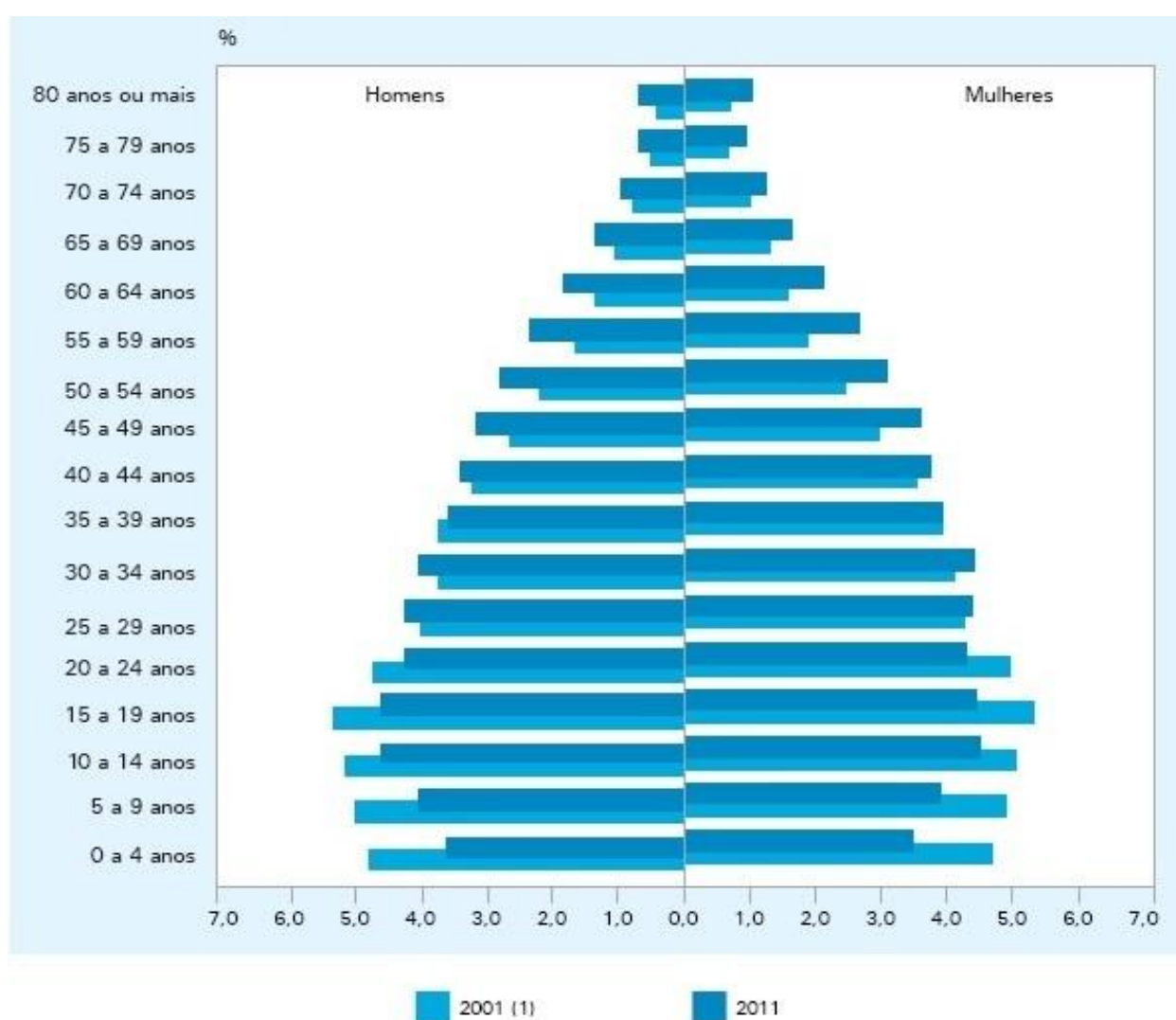
### 2.2 IMPORTÂNCIA E PERSPECTIVAS

A Domótica esta cada vez mais presente, e esse processo de crescimento será irreversível, pois esta tecnologia vem agregar além de conforto e comodidade, segurança e acessibilidade para pessoas com algum tipo de disfunção ou incapacidade motora.



Atualmente, uma boa parte das pesquisas e desenvolvimentos na automação residencial tem focado na facilitação do uso e adaptação para pessoas com deficiências físicas, tornando possível a realização de tarefas que anteriormente seriam impraticáveis sem a ajuda de outra pessoa. Estas adaptações também se encaixam na necessidade atual da sociedade, onde a população esta cada vez mais envelhecida e estes idosos buscando cada vez mais a independência, morando até mesmo sozinhos.

A **Figura 2.1** retirada do (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010), comprova o envelhecimento da população brasileira em 10 anos.

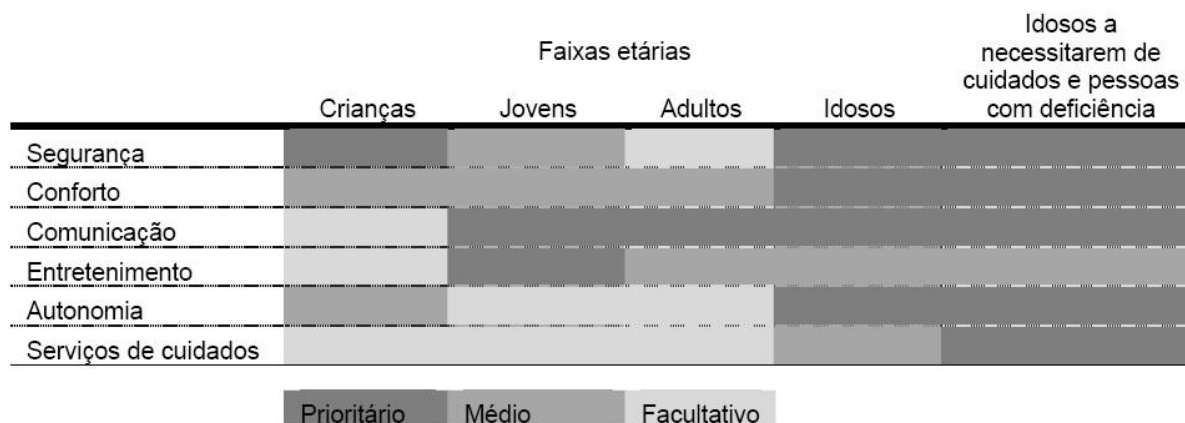


**Figura 2.1:** Distribuição percentual da população residente, por sexo, segundo os grupos de idade – Brasil – 2001/2011

Fonte: IBGE, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2001/2011.

Excluída a população rural de Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará e Amapá.

Na figura mencionada anteriormente, percebe-se que a população vem envelhecendo nos últimos 10 anos, e de acordo com (ELOY, PLÁCIDO, *et al.*, 2010), idosos, crianças e deficientes são os que mais necessitam da Domótica para sua independência como ilustrado na **Figura 2.2**.

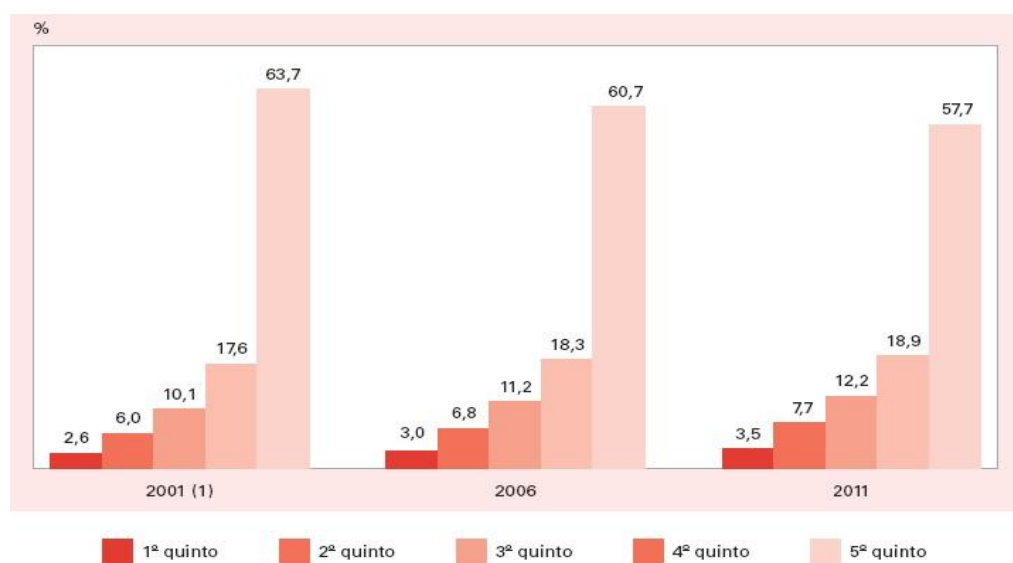


**Figura 2.2:** Importância dos inputs da domótica de acordo com diferentes faixas etárias e estados de mobilidade.

FONTE: (ELOY, PLÁCIDO, *et al.*, 2010)

Em (DOMINGUES e FILHO, 2012) e (VECCHI e OGATA), pode-se constatar a importância da Domótica e a tendência de crescimento acelerado em um futuro próximo.

Apesar desta necessidade, a maioria da população brasileira está órfã destas tecnologias, pois estes dispositivos exigem um alto investimento. De acordo com IBGE a grande maioria dos brasileiros se encontra nas classes C (3º quinto), D (4º quinto) e E (5º quinto) como ilustrado na **Figura 2.3**.



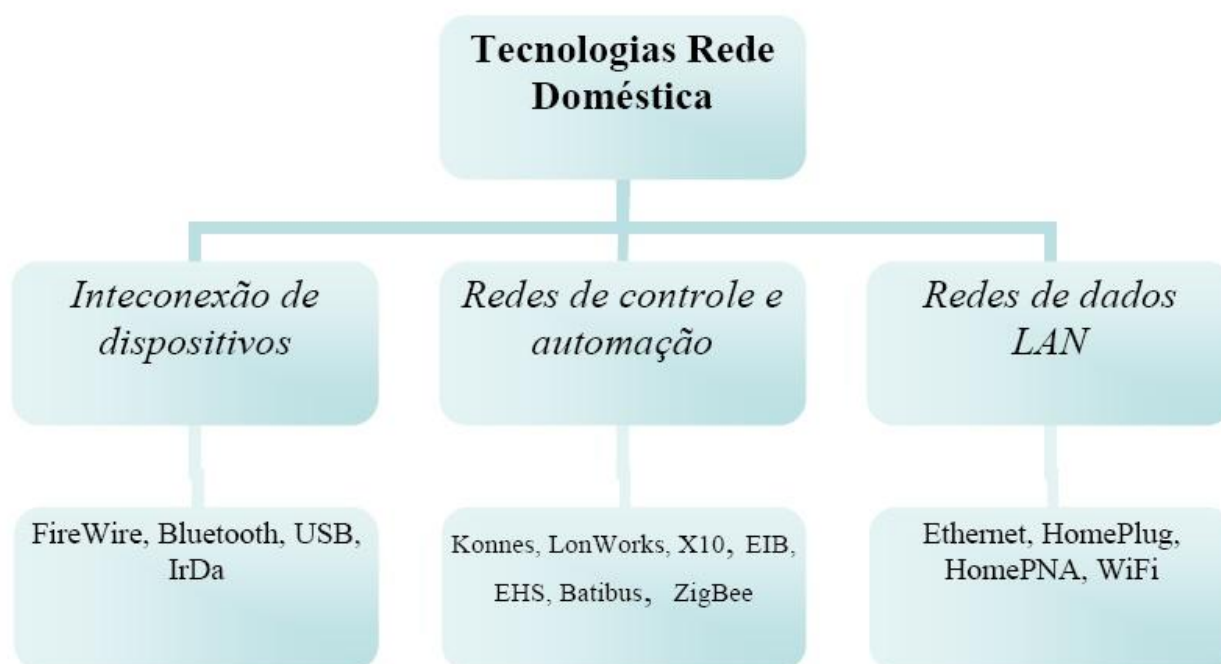
**Figura 2.3:** Distribuição percentual do rendimento familiar *per capita*.

FONTE: (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010)

## 2.3 REDES DOMICILIARES PARA AUTOMAÇÃO

Existe uma grande oferta de produtos de diferentes tecnologias que fornecem recursos para construção da rede dentro de nossos lares. Estas redes domiciliares são sistemas de comunicação que visam à interconexão de dispositivos residenciais, geralmente são limitadas para uma pequena distância, mas o suficiente para cobrir a residência.

Essas redes são feitas para comunicação, conforto, economia de energia, segurança, assistência a deficientes e lazer. A funcionalidade principal deverá ser o motivo de escolha entre uma ou outra tecnologia de rede, além de seus dispositivos integrados.



**Figura 2.4:** Tipos de redes domésticas

FONTE: (SENA, 2005)

Pela **Figura 2.4**, nota-se que existe um tipo de rede mais adequado para cada função. É possível perceber que para a conexão de vários dispositivos, pode-se usar USB (*Universal serial Bus*) ou *Bluetooth*, que são adaptáveis à maioria dos aparelhos. Enquanto para o uso de rede de dados, pode-se usar a rede WiFi que possui uma taxa de transmissão de dados altíssima. Já para o controle e automação, X-10 e ZigBee se enquadram melhor nas características necessárias por se integrarem de maneira mais robusta e mais facilmente em dispositivos diferentes.

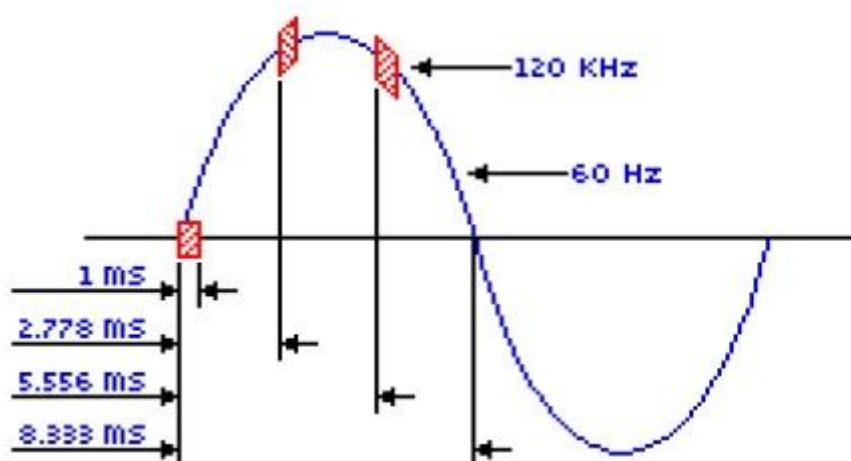
A seguir serão detalhados alguns tipos de protocolos de rede usados atualmente.

### 2.3.1 Sistema X-10

O sistema X-10 foi o precursor da Domótica. Esse sistema foi desenvolvido nos anos 70 pela Pico Electronics, na Escócia, mas só começou a ser comercializado em 1979. Também chamado de *powerline*, o X-10 utiliza a própria rede elétrica existente para transmitir dados binários para o acionamento de luzes ou outros equipamentos. Esta rede baseia-se em dois componentes básicos: transmissores e receptores.

Os módulos receptores são simples adaptadores que ficam entre o dispositivo ou interruptor da lâmpada e a rede elétrica.

O princípio de transmissão de dados é ilustrado na **Figura 2.5**.



**Figura 2.5:** Princípio de funcionamento X-10

FONTE: (TEZA, 2002)

Sua comunicação se dá através de transmissores que emitem dados binários através da corrente elétrica usando um pulso de sinal na frequência de 60Hz com um código específico (de baixa tensão), que é sobreposto à rede elétrica. Para reduzir erros, são usados dois cruzamentos no ponto zero. O 1 (um) binário é representado por um pulso de 120kHz no primeiro cruzamento e uma ausência de pulso no segundo; um zero binário é representado por uma ausência de pulso no primeiro e um pulso de 120kHz no segundo (FERREIRA, 2010).

Os receptores recebem dados de 13 bits que a codificação e decodificação não serão aprofundadas neste documento. As **Figuras 2.6, 2.7 e 2.8** mostram alguns dos tipos de receptores, sensores e atuadores usados pelo sistema X-10.

RECEPTOR	AÇÃO	APLICAÇÕES
Módulo de Equipamento	ON/OFF	Equipamentos Elétricos de som, TV
Módulo de Lâmpadas	ON/OFF/DIM	Lâmpadas
Interruptor de Parede	ON/OFF/DIM	Luzes Residenciais
Tomadas de Corrente Elétrica	ON/OFF/DIM	Controle Total
Módulo Universal	OPEN/CLOSE	Controle dos sistemas aspersões, portões de garagem.
Módulo de Campainha	SOM	Sinal Recebido
Módulo de Sirene	SOM	Alarme de Segurança

**Figura 2.6:** Principais tipos de receptores X-10

FONTE: (SENA, 2005)

ATUADOR	AÇÃO	APLICAÇÕES
Atuador de Mínimo/Máximo	ON/OFF/DIM	Controle de luzes e dispositivos fixos
Mini Cronômetro	Modo manual e cronômetro ON/OFF/DIM	Horários e tempos para luzes e dispositivos de segurança
Comando sem fio	ON/OFF/DIM	Envio de sinais de rádio a receptores, para ativação de dispositivos
Interruptor de Parede sem fio	ON/OFF/DIM	Envia sinais de rádio a receptores que ativarão dispositivos de rede X10
Resposta Telefônica	ON/OFF	Controle de dispositivos X10
Atuadores de ordenação	Eventos programáveis	Programa de eventos sucessivos

**Figura 2.7:** Principais tipos de atuadores X-10

FONTE: (SENA, 2005)

DISPOSITIVO	AÇÃO	APLICAÇÕES
Sensores de Luminosidade	ON/OFF	Abertura de janelas à entrada de Sol
Sensores de movimento	ON/OFF	Acionamento de Lâmpada devido movimento dentro e fora da residência
Termostatos	ON/OFF	Controle de equipamentos de HVAC
Sensores de Janelas	Aberto/Fechado	Acionamento de alarme devido invasão
Painel de segurança	Alarme e chamada	Acionamento de luzes e realização de chamadas aos serviços de segurança
Comando Remoto	Programação	Controle similar aos controles remotos de TV e vídeos
Emissão de infravermelho	Sinais de infravermelho	Controle de equipamentos domésticos

**Figura 2.8:** Principais tipos de dispositivos X-10

FONTE: (SENA, 2005)

Apesar de ser um sistema barato e fácil de ser implementado, ele possui algumas limitações que o torna inadequado para a utilização em sistemas críticos como a segurança residencial.

Uma dessas limitações se referem a rede elétrica que pode ocasionar comportamentos imprevisíveis nos dispositivos, seja curto-circuito, falta de energia ou descargas eletromagnéticas.

### 2.3.2 CEBus

O Protocolo CEBus (*Consumer Electronic Bus*; Protocolo de Comunicação de Equipamentos Eletrônicos voltados ao Consumidor) criado pela EIA (*Electronic Industries Association*) em 1984 e transformado em padrão internacional em 1995, tem como objetivo a padronização da utilização e industrialização de produtos de comunicação infravermelho usados em controle remotos para evitar incompatibilidades e interferências, motivados principalmente pela insatisfação de consumidores decorrente da ineficácia e confusão quando usados em um ambiente com vários receptores como descreve (TEZA, 2002).

Este protocolo de rede, também conhecido como *Home Plug and Play*, utiliza comunicação ponto-a-ponto de mensagens de controle relativamente curtas sobre os meios de comunicação disponíveis na residência.

A norma CEBus surgiu em 1984 para responder às necessidades da automação doméstica tais como:

- Inexistência de uma forma padronizada que permitisse aos diferentes dispositivos comunicarem entre si;
- Incompatibilidade entre os diferentes produtos existentes no mercado de fabricantes distintos;
- Incompatibilidade entre formatos.

Para tanto, este protocolo foi feito com arquitetura aberta, expansível e comunicação e controle distribuído, ou seja, não necessita de um controlador centralizado.

Mais de 400 empresas participam de sua implementação, incluindo os setores de eletricidade, gás e telefonia como descrito em (TEZA, 2002).

No padrão CEBus o endereçamento do dispositivo é feito por *hardware* na hora da fabricação e tem 4 bilhões de possibilidades. O padrão também oferece uma linguagem

definida orientada para controle de objetos que inclui comandos tais como aumentar volume, avançar rápido, voltar, pausa, pular e elevar ou abaixar temperatura em 1 grau, entre outras.

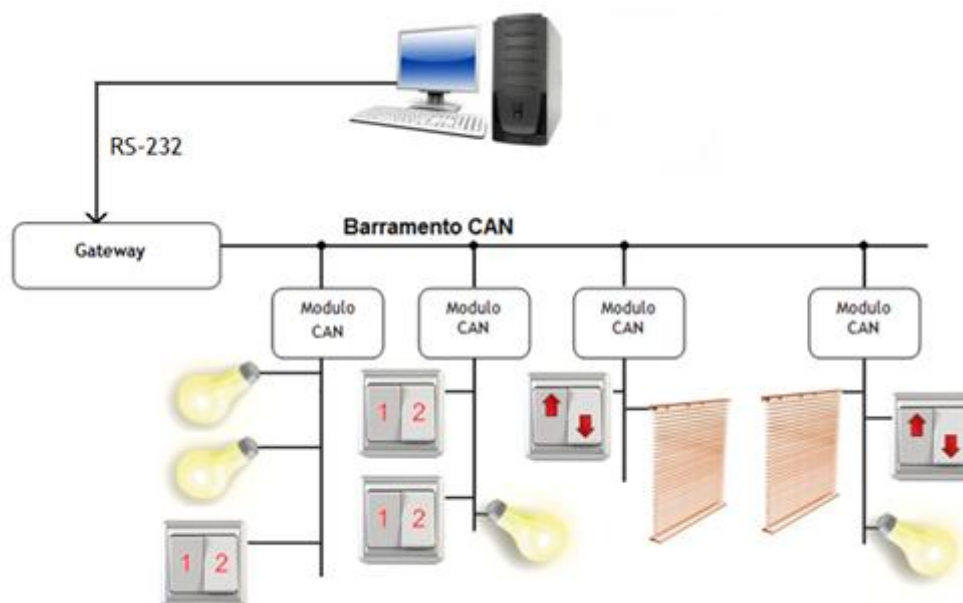
### 2.3.3 EIB

O sistema EIB (*European Instalation Bus*) foi desenvolvido para a automação predial e residencial. Este sistema é aberto e altamente confiável, desenvolvido pela EIBA (*European Instalation Bus Association*). O EIB trata-se de um sistema operacional distribuído, baseado no modelo de referência OSI (*Open Systems Interconnection*) para controle de redes e otimizado para casas e edifícios.

Este tipo de rede veio para solucionar problemas nas complexas e trabalhosas instalações prediais, que a medida do tempo foi ganhando novos dispositivos e, com isso, a quantidade de cabos e condutores elevava o preço e o risco destas redes, pois a quantidade de cabos poderia causar até mesmo incêndios.

Para solucionar estes problemas, a tecnologia EIB conseguiu colocar todos os dispositivos em uma única linha de comando de expansão radial que possibilitou a transmissão de todas as funções sem nenhuma restrição.

O sistema é distribuído ponto a ponto, ou seja, cada dispositivo se comunica diretamente com o outro.



**Figura 2.9:** Exemplo de rede EIB

FONTE: <http://paginas.fe.up.pt/~ee03227/>, acesso em: 17/02/2014

A **Figura 2.9** mostra um único cabeamento levando os dados para todos os dispositivos da rede, que podem ser motores, luzes, sensores, atuadores entre outros.

Estes sensores e atuadores possuem um endereço físico e através deles, deve-se fazer uma programação das configurações para decidir quais sensores comunicam com quais atuadores. Isto permite a criação de uma única função ou uma comunicação em grupo. Uma das vantagens do sistema de barramento (*bus*) é que qualquer dispositivo é capaz de se comunicar com outro pela rede elétrica sem a necessidade de se instalar um novo cabeamento.

### **2.3.4 LonWorks**

Assim como o EIB, o LonWorks foi desenvolvido para a automação predial e residencial. Desenvolvido pela empresa norte-americana Echelon Corporation e apoiada por mais de 400 outras empresas ao redor do mundo esse sistema possui um chip chamado Neuron-Chip como peça fundamental.

O Neuron-Chip possui 3 processadores integrados de 8 até 32 bits, sendo dois deles dedicados para a comunicação (um para o controle do acesso físico MAC e outro para o protocolo LONTalk, que cobre todas as sete camadas OSI). O terceiro chip fica dedicado a aplicação.

O Neuron Chip proporciona uma porta específica de cinco pinos que pode ser configurada para atuar como interface de diversos transmissores-receptores de linha e funcionar a diferentes velocidades binárias.

O LonWorks pode funcionar sobre RS-485 com isolamento óptico, acoplado a um cabo coaxial ou de pares do tipo telefônico, sobre correntes portadoras, fibra óptica, radiofrequência ou infravermelho. O transmissor-receptor é encarregado de adaptar os sinais do Neuron Chip aos níveis necessários a cada meio físico.

### **2.3.5 Smart House**

O sistema *Smart House* (Casa Inteligente) foi criado nos EUA na segunda metade dos anos 80 pela SMART HOUSE LIMITED PARTNERSHIP para *National Association of Home Builders* (NAHB).

Esse dispositivo comporta cinco subsistemas: Controle e comunicações, telecomunicações, energia elétrica, rede coaxial e energia natural onde o núcleo é o primeiro subsistema citado que transmite sinais de controle a 50 kbps.



O controlador gerencia a comunicação e fornece energia para até 30 pontos da rede, que por sua vez, pode controlar até 30 nós.

Este controlador é responsável pelo protocolo de comunicação que executa a lógica do sistema, além de gerenciar o banco de dados com informações do sistema.

Neste sistema, pode-se definir três tipos de aplicações: simples, normal e complexa. Essas aplicações se ligam ao sistema através de conectores que possuem três linhas de estado e uma de controle. Apenas as aplicações complexas exigem o uso adicional de um microprocessador.

O principal problema deste sistema é o seu alto custo de implantação. Além de necessitar de cabos especiais com poucos fornecedores, os mesmos exigem que a residência seja preparada para sua colocação na fase de construção.

Portanto, esse sistema não se adéqua as exigências do projeto proposto, uma vez que pretende-se usar sistemas baratos e que modifiquem o menos possível a estrutura da casa.

### **2.3.6 UPnP**

O protocolo UPnP foi criado em 1999 pelo Forum UPnP e desenvolvido a partir da tecnologia PnP – *Plug and Play* da Microsoft Corporation para suportar configurações automaticamente e foi embutido a partir da plataforma Windows ME. Além da Microsoft, várias empresas adotam esta tecnologia em seus produtos como a Intel, LG, Sony, Panasonic, Toshiba, GE, entre outras.

Este protocolo possibilita uma instalação fácil e segura apenas conectando o equipamento a uma mídia de comunicação. Pode ser usado juntamente com outros protocolos a fim de se fazer uma rede doméstica.

### **2.3.7 Bluetooth**

Diferente dos sistemas descritos anteriormente, esta tecnologia utiliza uma rede sem fio para a transmissão de dados.

O *bluetooth* é um protocolo de comunicação sem fio para sistemas de curto alcance. Este sistema opera na banda livre de 2,4 GHz, de maneira robusta, barata e de baixo consumo.

Como existe uma grande quantidade de ruído nesta faixa livre, a transmissão de dados é realizada utilizando-se a técnica de espalhamento de espectro (*spread*

*spectrum*) por saltos em frequência. Esta técnica consiste em dividir a banda em canais independentes e chavear a frequência de transmissão dos dados ao longo do tempo.

Desta forma, consegue-se minimizar os efeitos causados por sinais externos, bem como eliminar o problema de atenuação do sinal por múltiplos caminhos (*multipath-fading*), tornando a transmissão de dados mais robusta.

A estrutura de camadas do *bluetooth* não segue o modelo OSI, TCP/IP, 802 ou qualquer outro conhecido. Entretanto, o IEEE<sup>1</sup> está trabalhando na modificação deste protocolo para adaptá-lo melhor ao modelo 802. A camada inferior é a camada física de rádio. Ela lida com a transmissão e a modulação de rádio e pode até corresponder à camada física nos modelos OSI e 802. A camada de banda-base é de certa forma análoga à subcamada MAC, mas também inclui elementos de camada física. Ela lida com a maneira como o mestre controla os *slots* de tempo e como esses *slots* são agrupados em quadros.

A transmissão dos dados é realizada utilizando-se modulação GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*), sendo o bit 1 representado por uma variação positiva da frequência, e o bit 0 por uma variação negativa da mesma.

Apesar de o *bluetooth* ser um meio de comunicação barato, robusto e de pouco consumo, a limitação de distância de transmissão o impede de ser um bom meio de rede para a automação residencial.

### 2.3.8 WiFi

O sistema WiFi traz o protocolo IEEE 802.11 que é atualmente a base de todas as comunicações sem fio nas rede locais (LANs).

Este protocolo foi lançado em 1997 e retificado em 1999 para suportar taxas de transmissão acima dos 10 Mbps. Em 2003 foram feitas outras modificações onde as taxas de transmissões foram aumentadas para 54Mbps na banda livre dos 2,4 GHz.

Apesar de possuir um bom alcance e uma excelente taxa de transmissão de dados, o consumo de energia é superior em relação aos outros tipos de rede sem fio como pode-se ver a seguir.

---

<sup>1</sup> O Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos ou IEEE (pronuncia-se I-3-E, ou, conforme a pronúncia inglesa, *eye-triple-e*) é uma organização profissional sem fins lucrativos, fundada nos [Estados Unidos](#)

### 2.3.9 UWB

A FCC (*Federal Communications Commission*) define a tecnologia UWB como qualquer sinal que ocupe pelo menos 500 MHz dos 7,5 GHz do espectro, entre as frequências 3,1 GHz e 10,6 GHz. Cada canal de rádio pode ocupar mais de 500MHz da largura de banda, dependendo da frequência central.

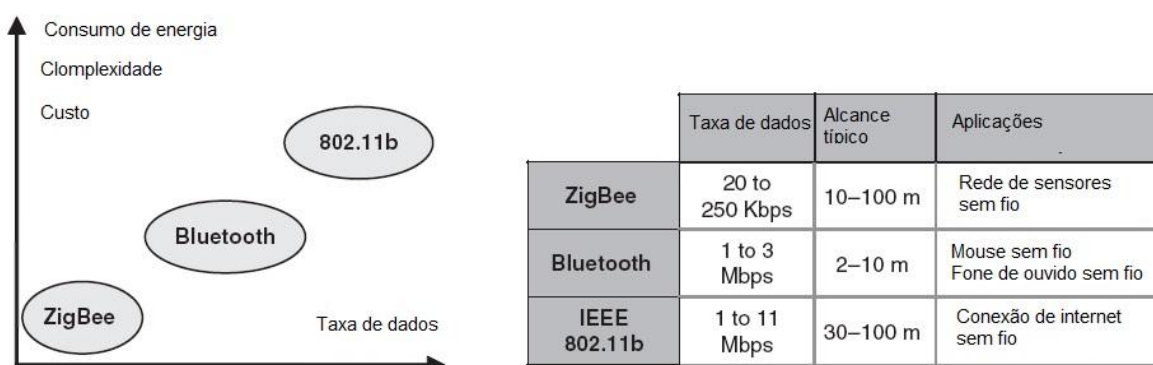
Para usar uma largura de banda tão grande sem que interfira em outros aparelhos ou transmissões de rádio, existem limitações de potência do sinal emitido, por isso consome pouca energia.

Este tipo de rede está sendo desenvolvida para aplicações em curtíssimas distâncias, como transmitir dados de um DVD para uma TV que está próxima, assim como a integração de consoles, *home theaters* e outros aparelhos sem a necessidade de cabos.

Apesar da alta taxa de transmissão de dados e baixo consumo energético, essa tecnologia não pode ser aplicada na automação residencial, pois, assim como o Bluetooth, a distância de transmissão é muito curta.

### 2.3.10 ZigBee

Este sistema de transmissão de dados é o que melhor se encaixa no objetivo proposto neste projeto, pois possui um alcance considerável (50 metros em ambientes fechados e 150 metros em área livre) além da possibilidade de aumentar o alcance com a transmissão de um dispositivo a outro e um baixo consumo energético como observa-se na **Figura 2.10**. Para tanto, este sistema será detalhado nos próximos capítulos.



**Figura 2.10:** Comparação entre as transmissões sem fio

FONTE: Traduzido de (FARAHANI, 2008)

## **2.4 SISTEMAS DISPONÍVEIS ATUALMENTE**

A tecnologia atual permite a fabricação de dispositivos como sensores e atuadores de diversos tipos a um custo bem mais baixo em relação a poucos anos atrás. Isso fez com que o mercado da Domótica chegasse ao Brasil com diferentes níveis de automação, classificados como autônomos, integrados e complexos.

Nos sistemas autônomos o usuário pode ligar, desligar ou controlar um dispositivo específico enquanto os integrados os dispositivos podem ser controlados por uma única central que pode ser um supervisor.

Já os sistemas complexos, além de interligar diversos dispositivos, não necessitam de um usuário para o controle dos mesmos. Nestes casos o sistema é pré-programado para tomar decisões e controlar dispositivos na ausência de um morador. A seguir descreve-se alguns sistemas e dispositivos encontrados atualmente.

### **2.4.1 Climatização**

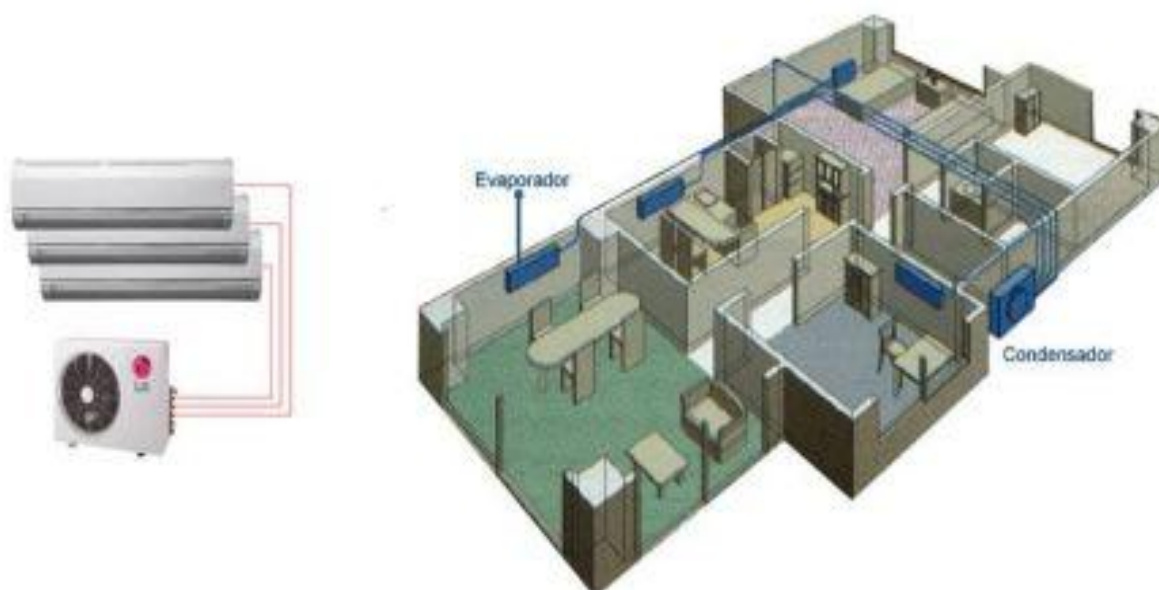
Na área da climatização, existem dispositivos que a maioria das pessoas possui em sua casa ou frequenta lugares que os têm, como um aquecedor, menos comum no país, ou um condicionador de ar.

#### **Ar Condicionado Central Residencial**

Atualmente algumas empresas estão oferecendo o serviço de ar condicionado central, ou seja, a casa inteira será climatizada com um único sistema condicionador de ar. Isto evita os choques térmicos entre os cômodos que não possuem o ar condicionado ou o trabalho de ajustar todos os aparelhos para a mesma temperatura. Com o sistema integrado, os custos de instalação e manutenção são menores que os mesmos se o cliente precisar climatizar vários cômodos.

#### **Sistema Multi Split**

Um outro tipo de climatização de uma residência é o Multi Split. Nele vários condicionadores de ar Splits são usados, um para cada ambiente, e são conectados a um condensador único.



**Figura 2.11:** Exemplo de sistema Multi Split  
FONTE: (CLIQUEARQUITETURA)

A **Figura 2.11** ilustra uma residência com o sistema Multi Split. Este sistema possui uma eficiência alta, pode-se encontrar marcas com até 40 evaporadoras e o preço médio pode variar de R\$1.500,00 a R\$ 15.000,00.

### Lareiras elétricas

As lareiras elétricas, também chamadas de lareiras virtuais ou digitais, surgiram como solução para quem não deseja se preocupar com fumaça, fuligem ou sujeira produzida pelas lareiras tradicionais, que usam madeira para gerar calor. Elas são semelhantes a uma TV, com chama virtual 3D e com controle remoto para a mudança de som e imagem. Seu funcionamento assemelha-se a um aquecedor. São indicadas para uso interno residencial.

A **Figura 2.12** ilustra uma lareira elétrica, estas lareiras podem ser um dos dispositivos a serem controlados em uma automatização residencial. Apesar de consumir até 600 kWh/h para o aquecimento, elas não oferecem perigo de incêndio e não produzem gás carbônico. Elas podem produzir calor ou serem usadas apenas como elemento decorativo, no último caso o consumo cai para 60 kWh/h.

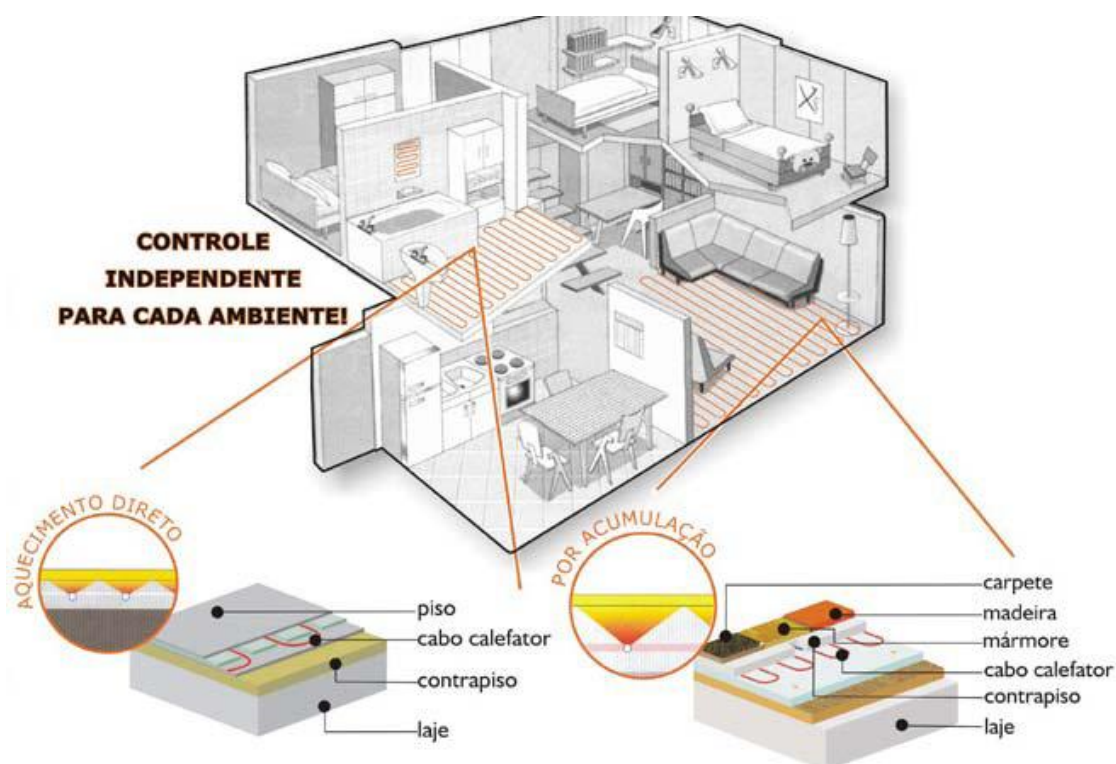


**Figura 2.12:** Lareira elétrica  
FONTE: (CLIQUEARQUITETURA)

### Piso Aquecido

Este sistema consiste em transformar todo o piso em um painel emissor de calor. Esse sistema garante que todo o ambiente será aquecido uniformemente.

O aquecimento é feito através de um cabo elétrico disposto como uma serpentina dentro do contra-piso. Sobre o contra-piso é instalada uma camada de isolante térmico - poliuretano, vermiculita ou EPS de alta densidade. Régua plástica são fixadas em uma camada de argamassa nivelada e cintas calefadoras de aço inoxidável revestidas com PVC ficam presas, formando a serpentina por toda a laje. Cobrindo o sistema, é colocada a argamassa para proteção mecânica e instalado o piso. Pode-se observar mais detalhes deste sistema em (SENA, 2005). A **Figura 2.13** ilustra esse dispositivo.



**Figura 2.13:** Piso aquecido  
 FONTE: (SENA, 2005).

## 2.4.2 Iluminação

A área da iluminação talvez seja a que mais avança em sistemas Domóticos. Existem diversos dispositivos de controle com sensores de iluminação, sensores de presença ou temporizadores para o controle das luzes.

Atualmente é difícil encontrar um prédio que não tenha sensores de presença em seus corredores e escadas que ligam e desligam as luzes automaticamente, ou postes de iluminação que não possuam um sensor de iluminação que fazem o controle de ligar ou não.

### Lâmpada com controle remoto

Existem no mercado lâmpadas que já vem com o recurso de serem controladas remotamente. Para estas, basta apenas colocá-las em um bocal comum que elas já podem ser ligadas, desligadas ou até mesmo mudar intensidade ou cor emitida. A **Figura 2.14** ilustra esse tipo de lâmpada.



**Figura 2.14:** Exemplos de lâmpadas controladas remotamente  
FONTE: (ALIXPRESS, 2014), (Quebarato, 2014).

### Luminárias com energia solar

É possível encontrar luminárias que são alimentadas apenas com energia solar, esse tipo de iluminação dispensa o uso da rede elétrica facilitando a sua instalação.

A **Figura 2.15** mostra uma luminária que usa apenas a energia solar.

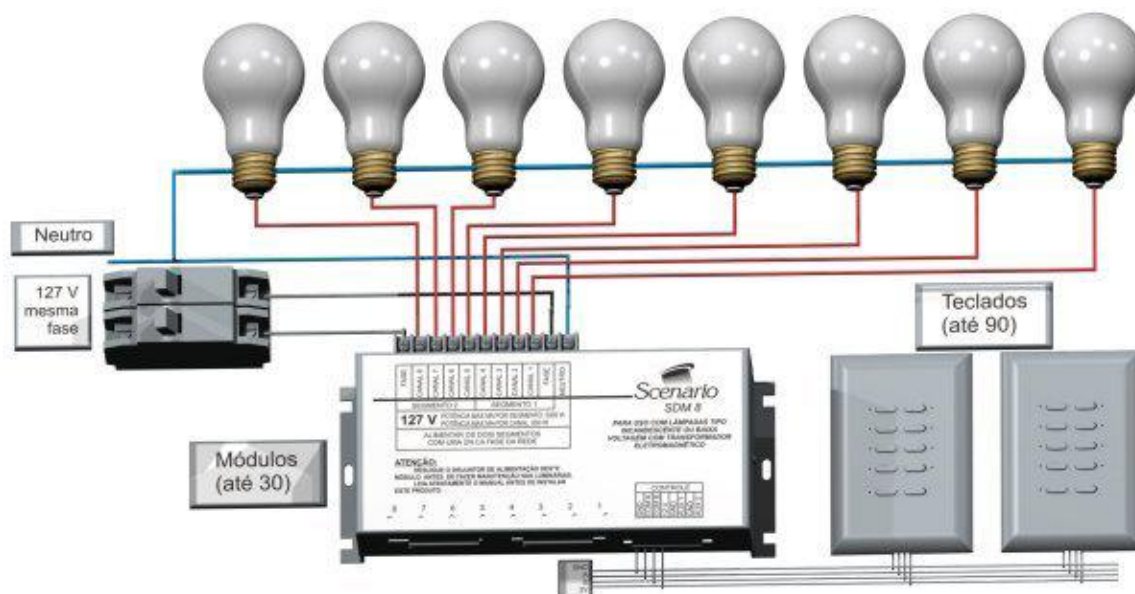


**Figura 2.15:** Luminária com energia solar  
FONTE: MercadoLivre.com

### Sistemas de Iluminação

A **Figura 2.16** mostra um exemplo de sistema de iluminação residencial. Já existem sistemas de controle de iluminação sem fio, através de controle remoto.





**Figura 2.16:** Sistema de iluminação Scenário.

FONTES: (SENA, 2005).

### 2.4.3 Sistema de som

Para o sistema de som, pode-se encontrar no mercado brasileiro sistemas de *Home Theater*, sistemas de som ambiente entre outros.

Com os *Home Theaters* o usuário pode integrar caixas de som em vários cômodos da casa, usando apenas um controle central para a escolha das músicas e distribuição da intensidade do volume em cada caixa.

### 2.4.4 Segurança

O sistema de segurança é um dos pontos mais importantes na automação residencial, este quesito é um dos poucos que se procura por necessidade e não por conforto ou luxo.

Por ser um quesito muito importante, este já possui muitos recursos para automatização residencial.

### Sistema de Alarmes

Existem muitos sistemas de alarmes no mercado, eles podem emitir alarmes sonoros, luminosos ou até mesmo se comunicar automaticamente com vizinhos, parentes ou a polícia se detectarem um invasor.

Para estes sistemas existem vários tipos de sensores para acionamento do alarme. Alguns sensores disponíveis no mercado são:

- Sensor infravermelho passivo;
- Sensor magnético;
- Botões de pânico;
- Sensores de abertura de porta ou janela.

Além disso, o morador ainda pode contar com cerca elétrica, portão eletrônico e outros dispositivos que integrados a uma central, podem auxiliar na segurança residencial.

### **CFTV (Circuito fechado de TV)**

Hoje em dia existem vários tipos de CFTV com o custo cada vez menor, isso possibilita a sua implantação em residências mais humildes.

Com o avanço da visão computacional, os circuitos de TV podem ser usados para a detecção automática de intrusos, dispensando sensores de presença.

A visão computacional pode ser usada juntamente com o circuito de TV para a identificação das pessoas que estão na residência e, com isso, podendo controlar a iluminação, climatização e outros dispositivos de acordo com o gosto do usuário identificado.

Com todos estes dispositivos e redes descritos neste capítulo, pode-se observar que a Domótica esta avançando a passos largos e que a grande oferta de novas tecnologias está alimentando novas ideias de integração.

# CAPÍTULO 3

## 3. REFERENCIAL TEÓRICO E TECNOLÓGICO

### 3.1 INTRODUÇÃO

Levando em conta os objetivos deste projeto, o padrão ZigBee foi o escolhido para a rede doméstica. Estes motivos serão mais bem explicados no próximo tópico.

Além da rede, o estudo de atuadores e sensores para ligar e desligar as luzes e tomadas foi necessário juntamente com a pesquisa de linguagens de programação para o supervisor.

### 3.2 ZIGBEE

#### 3.2.1 Introdução

O ZigBee é um padrão desenvolvido através do IEEE pela ZigBee Alliance para desenvolver uma alternativa de comunicação sem fio capaz de possibilitar um controle seguro, de baixo custo e baixa potência.

A ZigBee Alliance é uma associação que conta com mais de 45 empresas do ramo da tecnologia que desenvolveram este padrão dentro da IEEE. Este padrão foi homologado em maio de 2003 com a norma IEEE 802.15.4 como camada física e camada de acesso ao meio onde é proposta uma comunicação de dispositivos sem fio com baixa taxa de transferência em uma PAN (*Personal Area Network*).

Este protocolo permite comunicações robustas e opera na frequência ISM (*Industrial, Scientific and Medical*), sendo na Europa 868 MHz (1 canal), 915 MHz (10 canais) nos EUA e 2,4 GHz (16 canais) no Brasil e em outras partes do mundo. Essa faixa de frequência não requer licença para funcionamento.

As redes ZigBee possuem uma excelente imunidade contra interferências, com taxas de transferências de dados variando entre 20Kbps a 250Kbps além de poder hospedar milhares de dispositivos numa rede.

O ZigBee foi projetado para economizar o máximo de energia, dependendo do tipo de tarefa, uma bateria ou pilha pode durar meses ou até anos.

### 3.2.2 Comparação com outras tecnologias

A **Figura 3.1** mostra um comparativo entre os principais protocolos de rede sem fio com o ZigBee.

Característica	IEEE 802.11B	Bluetooth	ZigBee
Bateria	Horas	Dias	Anos
Complexidade	Muito complexo	Complexo	Simple
Dispositivos	32	7	64000
Distância	100 metros	10 metros	70-300 metros
Taxa Transferência	11 Mbps	1 Mbps	250 Kbps

**Figura 3.1:** Comparativo de protocolos de rede  
FONTE: (SOUZA, 2010).

Esta figura deixa claro que o ZigBee tem um consumo de energia muito menor que os outros, além de ser mais simples e poder se comunicar com muito mais dispositivos. Porém ele não seria recomendado para aplicações que exigem uma taxa de transferência alta, como uma transmissão de multimídia, por exemplo.

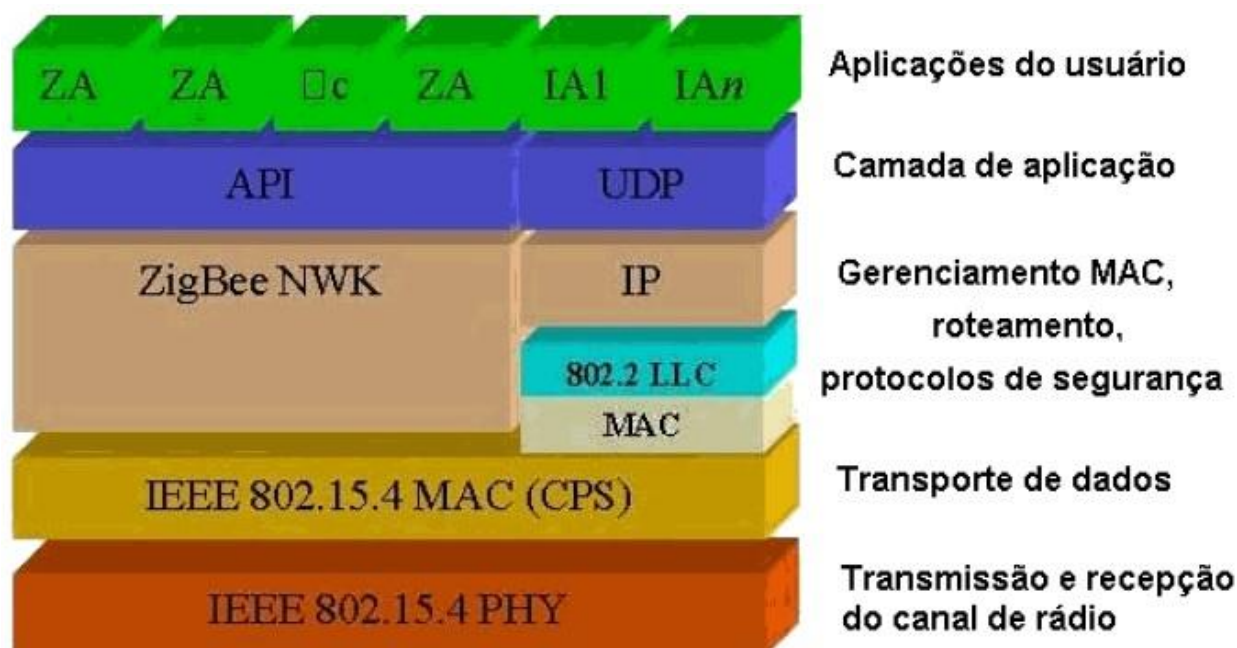
A **Figura 2.10** exibida no Capítulo 2, também mostra um comparativo entre estas tecnologias, nela pode-se ver um gráfico comparando os três protocolos pelo consumo e taxa de dados.

### 3.2.3 Camadas de Protocolos

O padrão IEEE 802.15.4 definiu interfaces com baixas taxas de transmissão (menor de 250Kbps) e estabeleceu-se uma estrutura de rede que incorpora os conceitos de redes *ad hoc*<sup>2</sup>, características de conexão em malha em múltiplos saltos. Além disso, novos algoritmos de segurança e perfis de aplicação foram definidos para garantir uma boa segurança e interação entre os dispositivos.

<sup>2</sup> As redes ad hoc são redes sem fio que dispensam o uso de um ponto de acesso comum aos computadores conectados a ela, de modo que todos os dispositivos da rede funcionam como se fossem um roteador, encaminhando comunitariamente informações que vêm de dispositivos vizinhos.

O padrão definiu as camadas física (PHY), média de controle (MAC), de rede e de aplicação como mostra a **Figura 3.2**.



**Figura 3.2:** Camadas do protocolo ZigBee  
FONTE: (SOUZA, 2010).

A **camada física (PHY)**, segundo o modelo OSI, tem a responsabilidade de tratar a transmissão de dados brutos por meio de um canal de comunicação. Para tanto, é definido a modulação e taxa de transferência para estabelecer esse vínculo.

Esta camada foi projetada para acomodar as necessidades de interfaces a baixo custo e permitindo níveis elevados de integração. O uso da técnica de transmissão de sequência direta (DSS) permitiu que os equipamentos fossem simples e baratos.

A **Figura 3.3** mostra a banda utilizada de acordo com a região como foi descrito anteriormente. Percebe-se que o tipo de modulação muda para a frequência de 2,4 GHz, usada no Brasil.

Camada Física	Frequência	Canais	Taxa de bit (Kbits/s)	Modulação
868/915 MHz	868-870 MHz	0	20	BPSK
	902-928 MHz	1-10	40	BPSK
2.4 GHz	2.4-2.4835 GHz	11-26	250	O-QPSK

**Figura 3.3:** Faixas de frequência do padrão IEEE 802.15.4

FONTE: (ESCHNER, 2011).

A **camada do *Media Acces Control (MAC)*** tem a responsabilidade de gerenciar o acesso ao canal, da sincronização de *beacons* (baliza), da validação e reconhecimento do quadro e a associação e desassociação de dispositivos na rede.

A sincronização de *beacons* consiste em fazer com que os roteadores transmitam periodicamente *beacon frames*, sinais sinalizadores para confirmar sua presença na rede. Utilizando-se de boa sincronia, os nós da rede (exceto o coordenador) podem permanecer inativos entre os *beacon frames* e economizar energia. Para o funcionamento desse modo é utilizada a estrutura de *superframe*. Essa estrutura tem o objetivo de prover banda livre em algumas situações e de proporcionar baixa latência nas transmissões.

O *superframe* será limitado por *beacon frames* a cada período de tempo pré-determinado, podendo ser esse período entre 15ms e 245s. O tempo total de um *superframe* será igualmente dividido em 16 *slots* de tempo. O acesso ao canal interior de cada slot será livre de contenções (VASQUES, COUTINHO, *et al.*, 2010).

A camada MAC foi projetada para permitir topologias múltiplas com baixa complexidade, como o gerenciamento de energia. A MAC também permite que um dispositivo com funcionalidade reduzida<sup>3</sup> opere na rede sem a necessidade de grandes quantidades de memória disponíveis, podendo controlar também um grande número de dispositivos sem a necessidade de colocá-los "em espera", como ocorre em algumas tecnologias sem fio.

A **Camada de Rede** é responsável pelo transporte de dados e do suporte as aplicações dos dispositivos ZigBee.

Essa camada foi projetada para possibilitar o crescimento da rede sem a necessidade de equipamentos de transmissão de potência mais elevada.

<sup>3</sup> São dispositivos de construção mais simples que se comunicam com apenas um coordenador de rede.

As seguintes funcionalidades foram concedidas para desempenhar esse papel:

- *Network Scan*: Capacidade de um dispositivo de detectar um ou mais canais ativos em sua faixa de comunicação;
- *Creating/Joining a PAN*: Criar uma rede local e ingressar em uma já existente;
- *Device Discovery*: Capacidade de encontrar dispositivos sobre o canal ativo na PAN;
- *Service Discovery*: Descoberta de um serviço e a capacidade de determinar quais os serviços são suportados pelos dispositivos dentro de uma rede;
- *Binding*: Capacidade de se comunicar no nível da aplicação com outro dispositivo da rede.

A **Camada de Aplicação** é a camada de mais alto nível definida pela especificação ZigBee. Ela é dividida da seguinte forma:

- Subcamada de Suporte a Aplicação (APS): Fornece uma interface entre a camada de rede e aplicação.
- *Application Framework*: é o ambiente onde são alocados os objetos de aplicação ZigBee. Esses objetos possuem funções definidas pelos fabricantes.
- *ZigBee Device Object (ZDO)*: implementa o *profile* do dispositivo proporcionando as funcionalidades básicas que permitem a comunicação entre a APS e os objetos de aplicação.

Estas camadas mostram em cada detalhe que os dispositivos ZigBee foram construídos para operar de forma robusta, simples e segura na faixa de banda livre. Portanto, são dispositivos pensados para o uso em redes industriais e domésticas com uma fácil implantação.

### 3.2.4 Topologia ZigBee

O padrão IEEE 802.15.4 define dois tipos de dispositivos conforme a **Figura 3.4**.

Tipos de dispositivo	Funcionalidades oferecidas disponíveis no protocolo	Fonte de alimentação típica	Configuração típica do receptor
<i>Full Function Device (FFD)</i>	A maioria ou todas	Principal	Ligado quando em espera
<i>Reduced Function Device (RFD)</i>	Limitada	Bateria	Desligado quando em espera

**Figura 3.4:** Tipos de dispositivos segundo a IEEE 802.15.4

FONTE: [WWW.vikacontrols.com.br](http://WWW.vikacontrols.com.br)

**Full Function Device (FFD)** pode funcionar em toda a topologia do padrão, desempenhando a função de coordenador da rede e conseqüentemente ter acesso a todos os outros dispositivos. Trata-se de dispositivos de construção mais complexa;

**Reduced Function Device (RFD)** é limitado a uma configuração com topologia em estrela, não podendo atuar como um coordenador da rede. Pode comunicar-se apenas com um coordenador de rede. São dispositivos de construção mais simples.

O protocolo ZigBee define três tipos de dispositivos de acordo com as funcionalidades oferecidas e o consumo de energia.

### **Coordenador (Coordinator)**

Também chamado de ZC (*ZigBee Coordinator*), é o único FFD responsável pela formação de uma rede ZigBee, fato que lhe confere presença obrigatória em todas as redes. O Coordenador estabelece um canal de operação e o número lógico para formar a rede. Uma vez estabelecido estes parâmetros, o coordenador pode formar uma rede permitindo que roteadores e dispositivos finais se integrem a esta. Após a formação da rede, o coordenador funciona como um roteador, podendo participar no redirecionamento de pacotes de dados e ser uma fonte ou destino de pacotes de dados.

### **Roteador (Router)**

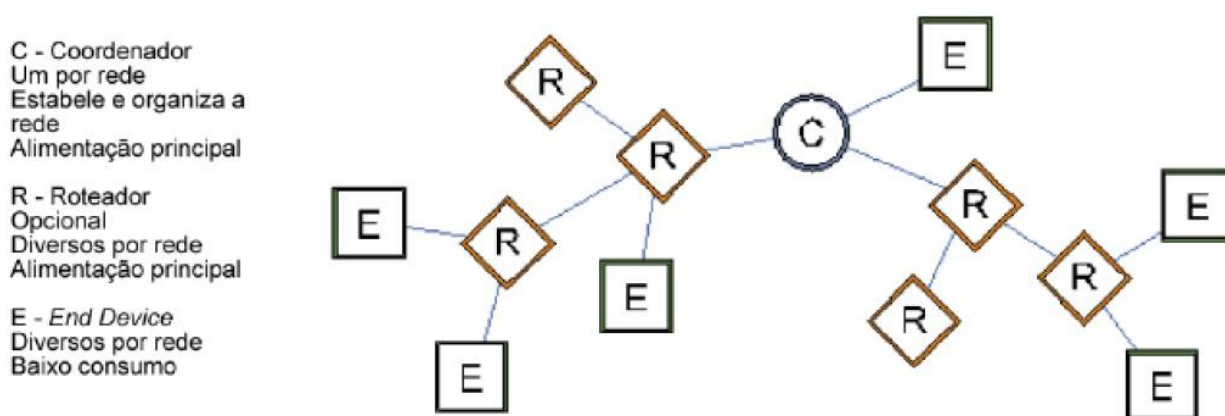
O roteador ou ZR (*ZigBee Router*), é um nó FFD que cria e/ou mantém as informações da rede e a utiliza para determinar a melhor rota para um pacote de dados. Os roteadores podem participar no redirecionamento de pacotes de dados e devem se integrar à rede antes de permitir que outros roteadores e dispositivos finais se integrem a ele.



### Dispositivo Final (*End Device*)

Um dispositivo final ou ZEB (*ZigBee End Device*) é classificado como um RFD e deve sempre interagir com o seu nó pai (ou um roteador ou um coordenador) na rede para receber ou transmitir dados podendo ser uma fonte ou destino de dados, porém, não possuindo a capacidade de redirecionamento de informações.

A **Figura 3.5** mostra um exemplo de rede ZigBee usando os três tipos de dispositivos.

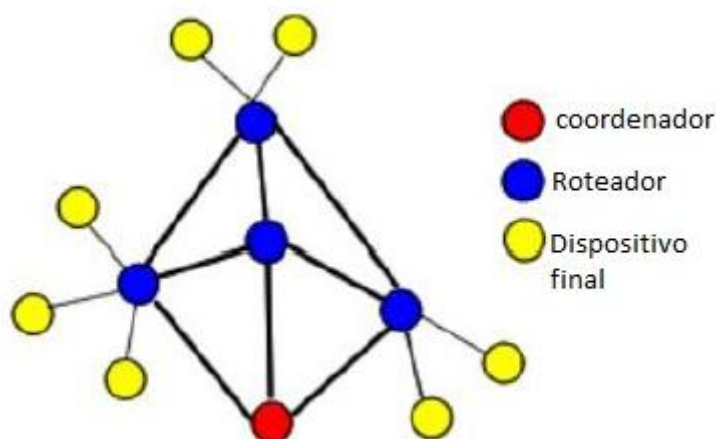


**Figura 3.5:** Exemplo de rede ZigBee

FONTE: vikacontrols.com.br

Com estes dispositivos, a rede ZigBee pode apresentar três tipos de topologia de rede, a topologia de Árvore, Estrela e malha.

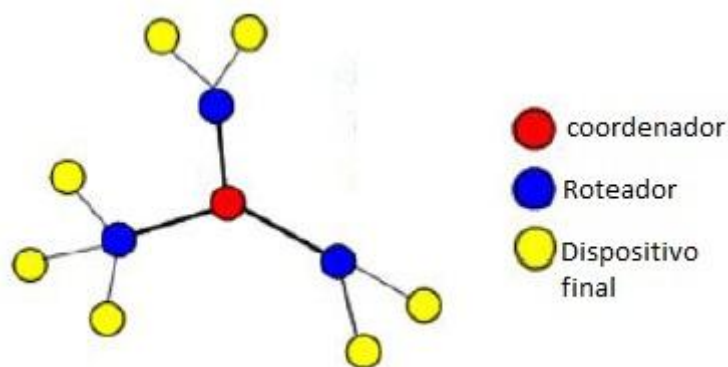
**Mesh (Malha):** Na topologia *Mesh* a rede pode se ajustar automaticamente, tanto na sua inicialização como na entrada ou saída de dispositivos na Rede. A Rede se auto-organiza para otimizar o tráfego de dados. Com vários caminhos possíveis para a comunicação entre os nós, este tipo de Rede pode abranger em extensão, uma longa área geográfica, podendo ser implementada numa fábrica com vários galpões distantes; controle de irrigação ou mesmo num prédio com vários andares. A **Figura 3.6** mostra um exemplo deste tipo de topologia.



**Figura 3.6:** Exemplo de rede *mesh*

FONTE: (ESCHNER, 2011).

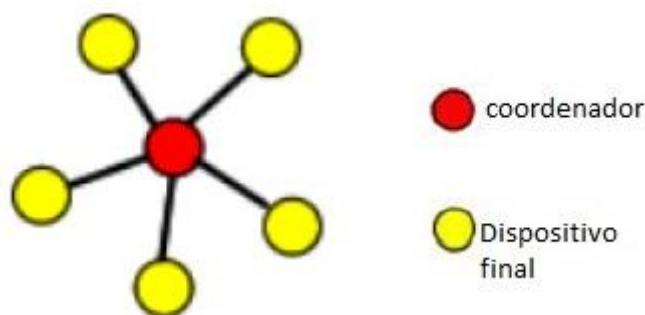
**Cluster Tree (Árvore):** Semelhante à topologia de Malha, uma Rede em árvore, tem uma hierarquia muito maior e o coordenador assume o papel de nó mestre para a troca de informação entre os nós *Router* e *End Device*. Abaixo, na **Figura 3.7**, pode-se observar um tipo de topologia *tree*.



**Figura 3.7:** Exemplo de rede *tree*

FONTE: (ESCHNER, 2011).

**Star (Estrela):** É uma das topologias de Rede ZigBee mais simples de serem implantadas, é composta de um nó Coordenador, e quantos nós *End Device* forem precisos. Este tipo de Rede deve ser instalada em locais com poucos obstáculos à transmissão e recepção dos sinais, como por exemplo, em uma sala sem muitas paredes ou locais abertos. A **Figura 3.8** exemplifica um tipo de topologia *star*.



**Figura 3.8:** Exemplo de rede *star*

FONTE: (ESCHNER, 2011).

### 3.2.5 Vantagens e Aplicações

O protocolo ZigBee pode transmitir dados em ambientes hostis à radio frequência. Além disso, essa tecnologia oferece:

- Ciclo do “*Standby*” configurável - Aumenta a vida útil da bateria;
- Baixa latência;
- Suporte para múltiplas topologias de rede: estática, dinâmica, estrela e *mesh*;
- Modulação DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) que incorpora em cada bit de dado um padrão de redundância e os espalha pela largura de banda utilizada. Essa redundância permite não só que o dado seja identificado como pertencente a um determinado nó, como é claro, facilita a detecção de erros.
- Até 65.000 unidades na mesma rede;
- Criptografia AES de 128-bit para assegurar um canal seguro entre os dispositivos;
- Redução na colisão de pacotes;
- Indicador da qualidade do link;

## 3.3 SENSORES E ATUADORES

Um das peças mais importantes em um sistema doméstico são os sensores e atuadores. Sem eles, não faria sentido criar um sistema automatizado, pois eles são os “olhos” e as “mãos” do sistema.

Os sensores geralmente são utilizados para contagem, verificação de posição, seleção ou medição de grandezas diferentes. Já os atuadores recebem um sinal para realizar algum tipo de tarefa.

Existem incontáveis tipos de sensores e atuadores, por isso é importante a escolha dos que irão ser mais adequados a cada tipo de tarefa, aumentando assim, a eficiência do projeto. Alguns tipos de sensores encontrados no mercado são:

- Sensores de proximidade;
- Sensores ópticos;
- Sensores ultrassônicos;
- Sensores de temperatura;
- Sensores de movimento;

Abaixo, são citados alguns tipos de atuadores.

- Relés de estado sólido;
- Contatores;
- Saídas analógicas;
- Válvulas proporcionais.

Estes foram apenas alguns exemplos de sensores e atuadores, existem muitos outros tipos para que o projetista possa fazer a melhor escolha visando sempre a melhor eficiência.

### **3.4 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO**

De acordo com (SIQUEIRA FILHO, SILVA FILHO, 2006) *apud* (QUINDERÉ, 2009), o *software* é toda a parte lógica do computador, são conjuntos de instruções relacionadas e não-ambíguas que determinam a realização de tarefas específicas.

Para facilitar a tarefa de programar um computador, foram criadas várias linguagens de programação. Essas linguagens são um meio termo entre a linguagem de máquina (números representados por bits) e a linguagem natural. Quanto mais próximo da linguagem natural, maior o “alto nível” da linguagem de programação.

Atualmente existem muitos tipos de linguagens, onde as mais conhecidas são: A linguagem C, Java, C++, PHP, C#, Visual Basic, JavaScript, Visual Basic .NET, MATLAB, entre outras.

### 3.4.1 Linguagem C

A linguagem C foi inventada e implementada por Dennis Ritchie em um DEC PDP – 11 que usava um sistema operacional UNIX. O C é o resultado de um processo de desenvolvimento que começou com uma linguagem mais antiga a chamada BCPI.

Existem poucas arquiteturas para as quais não existem compiladores para C, ele tem influenciado muitas outras linguagens de programação, como a C++ por exemplo.

### 3.4.2 Linguagem PHP

O PHP é uma das linguagens mais utilizadas na Web. A principal diferença entre as outras linguagens é a capacidade que o PHP tem de interagir com o mundo Web, transformando totalmente os *websites* que possuem páginas estáticas.

O PHP tem outra vantagem que além de ser gratuito, ele tem o código de software aberto, ele será utilizado neste projeto para criação da interface para o controle do dispositivo, esta linguagem foi escolhida porque ela abre brecha para projetos futuros com a implementação da automação internet (GOMES, 2011).

### 3.4.3 Java

Java é uma linguagem de programação orientada a objeto. Desenvolvida na década de 90 por uma equipe de programadores, na empresa Sun Microsystems e chefiada por James Gosling. Diferentemente das linguagens convencionais, que são compiladas para código nativo, a linguagem Java é compilada para um *bytecode* que é executado por uma máquina virtual. A linguagem de programação Java é a linguagem convencional da Plataforma Java, mas não sua única linguagem. Esta linguagem é muito usada para programas que serão executados em Android, ou seja, ela é uma boa alternativa para criar *softwares* para *smartphones* e *tablets*.

### 3.4.4 C# (Csharp)

C# é uma linguagem de programação orientada a objetos criada pela Microsoft e faz parte da plataforma .Net. Essa linguagem baseia-se na linguagem C++ e Java.

As características desta linguagem, de acordo com (SOUZA, 2010):

“C# (CSharp) é, de certa forma, a linguagem de programação que mais diretamente reflete a plataforma .NET sobre a qual todos os programas .NET executam. C# está de tal forma ligado a esta plataforma que não existe o conceito de código não-gerenciado (*unmanaged code*) em C#. Suas estruturas de dados primitivas são objetos que correspondem a tipos em .NET. A desalocação automática de memória por *garbage collector* além de várias de suas abstrações tais como classes, interfaces, delegados e exceções são nada mais que a exposição explícita recursos do ambiente .NET.”

Pela facilidade de programação e a possibilidade que a Microsoft oferece de usar essa linguagem de alto nível para fazer programas em C, Java entre outros, essa foi a linguagem escolhida para o projeto.

# CAPÍTULO 4

## 4. DISPOSITIVO PROPOSTO

### 4.1 DISPOSITIVO

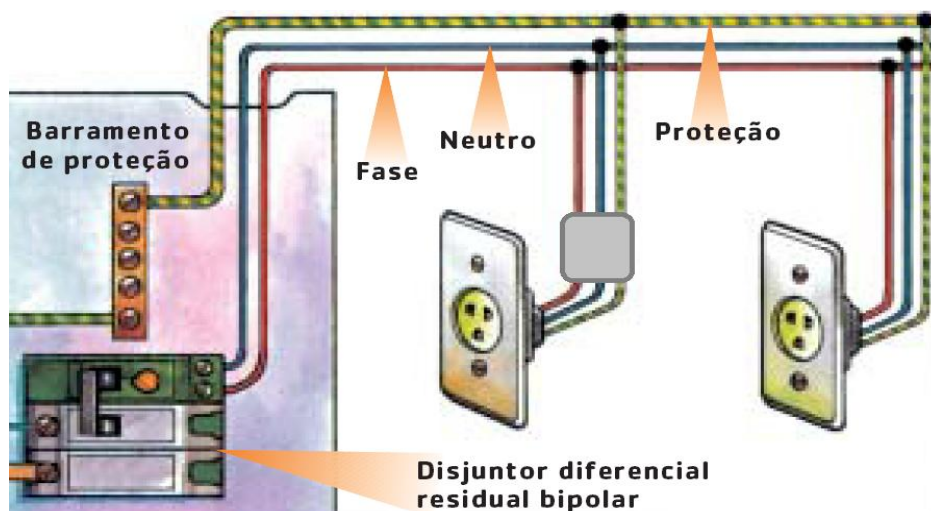
Para atender os pré-requisitos descritos no objetivo, o dispositivo deveria ter um baixo custo, consumir pouca energia e ser de fácil implantação em qualquer tipo de residência para ajudar na economia e na segurança dos lares.

Para tanto pensou-se em um atuador que ligasse e desligasse lâmpadas e também aparelhos que estivessem conectados em tomadas específicas. Este dispositivo deveria ser comandado por um *software*, usando-o como um supervisor e também uma interface entre os dispositivos e o usuário.

Para que os atuadores atendessem ao quesito de implantação facilitada, optou-se por um sistema de rede sem fio, pois assim evitaria o acúmulo de cabos e seria melhor adaptável em qualquer residência. Esta rede seria feita por módulos ZigBees, pois, como descrito anteriormente, possuem as melhores características para o projeto.

Estes atuadores, acoplados ao ZigBee, deveriam ser pequenos, para que pudessem ficar dentro das caixas de tomadas e interruptores pois além de ficarem escondidos, não seria necessário quebrar paredes ou quaisquer outras adaptações nas residências.

Portanto, o esquema de montagem dos dispositivos seria como mostra a **Figura 4.1**.

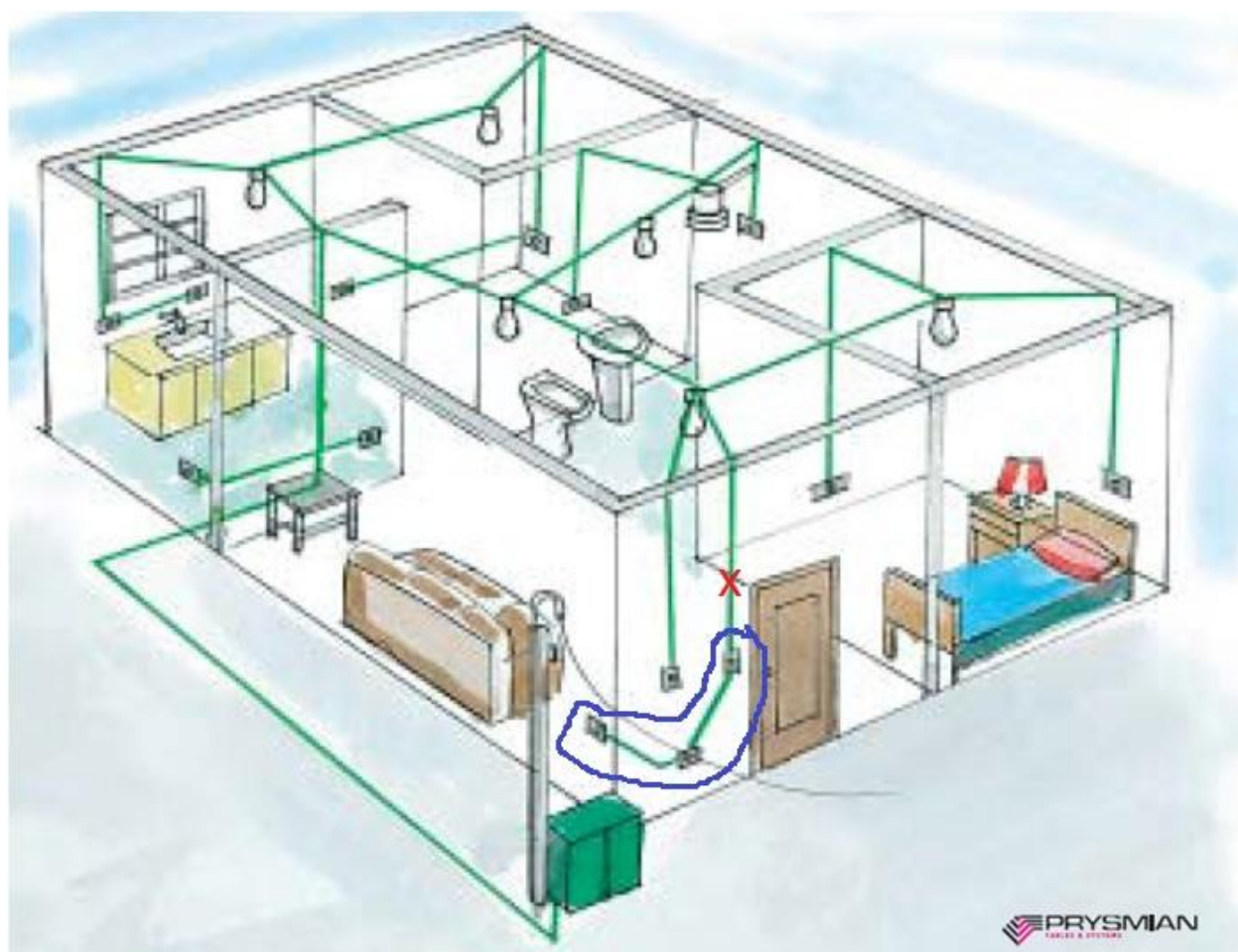


**Figura 4.1:** Conceito de atuação do dispositivo

Pode-se perceber através da **Figura 4.1**, que o dispositivo (quadrado cinza) ficaria entre o barramento que fornece a tensão e a tomada, de forma que ele poderia interromper o fornecimento de corrente elétrica para o aparelho que estivesse conectado a esta tomada. Através deste mesmo conceito, mas usando o atuador no interruptor, poder-se-ia controlar as lâmpadas.

Uma outra função poderia ser implementada com o mesmo dispositivo: a de cortar o fornecimento de energia para um ambiente inteiro, como um quarto ou uma sala, por exemplo.

Isso poderia ser feito usando as características de uma típica instalação residencial, como exemplificado na **Figura 4.2**.



**Figura 4.2:** Exemplo de desligamento de quarto

FONTE: (Prysmian), modificada pelo autor.

A **Figura 4.2** mostra que as tomadas de um cômodo são ligadas pelo mesmo cabeamento (destacado de azul), portanto, se o dispositivo cortar o fornecimento na fonte (X vermelho), o quarto inteiro ficará sem energia, evitando perdas por aparelhos



em *standby*, perdas no cabeamento e outros aparelhos que poderiam ser esquecidos conectados nas tomadas. Pela mesma figura, pode-se perceber que a iluminação do quarto não seria afetada, pois ela não dependeria desta fonte que seria cortada.

Em relação ao supervisor, ele deveria ligar ou desligar as lâmpadas e cortar ou manter o fornecimento de energia nas tomadas ou quartos específicos. Tudo isso seria feito remotamente através do ZigBee.

O *software* contaria com um outro recurso, que seria um *timer* para estas tarefas, ou seja, o usuário poderia programar o momento em que as luzes ou aparelhos específicos fossem ligar ou desligar. Isso ajudaria, além da economia e controle, na segurança da residência, pois o usuário poderia programar o horário em que um aparelho de som ou uma lâmpada ficassem ligados causando uma falsa impressão de que a casa estivesse com pessoas.

Com isso, o projeto pode ser especificado como descrito nos tópicos a seguir.

## 4.2 ELETRÔNICA (*HARDWARE*)

### 4.2.1 Atuador

Em primeiro lugar, precisou-se escolher o atuador, ou seja, o componente que iria deixar passar ou cortar a corrente elétrica, mas para tanto, dever-se-ia calcular a corrente que este dispositivo deveria suportar.

De acordo com (NISKIER e MACINTYRE, 2000), a densidade de carga de pontos de luz em uma residência são:

**Tabela 4.1:** Densidade de carga de pontos de luz

LOCAL	Densidade de carga (W/m <sup>2</sup> )
Salas	25-30
Quartos	20
Escritórios	25-30
Copa e cozinha	20-25
Banheiro	10

FONTE: (NISKIER e MACINTYRE, 2000).

Tomando como base que um quarto de uma residência atual da classe C terá no máximo 5 pontos de tomada para uso geral, 1 lâmpada e 1 aparelho condicionador de ar, adaptando de (NISKIER e MACINTYRE, 2000) temos que:

$$I_p = \frac{P_n}{U * n * \cos\varphi} \quad (1)$$

Onde:  $I_p$ =corrente de projeto;  $P_n$ = potência nominal;  $U$ =tensão da rede;  $n$ =rendimento;  $\cos\varphi$ =fator de potência.

Portanto, para a iluminação temos:

$$I_p = \frac{300W}{127*1*1} = 2,36 A \quad (2)$$

Para as tomadas:

$$I_p = \frac{5*200}{127*1*1} = 7,87 A \quad (3)$$

Condicionador de ar:

$$I_p = \frac{2100W}{127*1*1} = 16,53 A \quad (4)$$

Portanto, o dispositivo deverá atender, se possível a carga de  $30 W/m^2$  e uma corrente de quase  $27 A$ , claro que pode-se controlar o equipamento condicionador de ar e a lâmpada isoladamente, desta forma a corrente cai para cerca de  $8 A$ , para cada quarto. Para dispositivos isolados o dispositivo precisa suportar menos de  $2 A$ .

Estudou-se o acionamento por relé e por TRIAC. Esses dois tipos de acionamentos são bastante parecidos em relação às funções, pois os dois podem trabalhar com corrente alternada e cortam ou liberam a corrente através do sinal de controle. Mas algumas características são diferentes como podemos ver em (MECATRÔNICA ATUAL, 2013):

“TRIAC

**As vantagens:**

Não há repique: quando os contatos de um relé abrem ou fecham, eles levam uma fração de segundo para completar esta operação, e durante este intervalo fortes variações da corrente podem ser geradas. Em cargas fortemente indutivas, estes repiques podem causar a geração de pulsos de alta tensão, e em muitos circuitos também são geradas interferências eletromagnéticas (EMI). Num TRIAC o estabelecimento da corrente ou sua interrupção ocorrem de forma constante.

Não há formação de arco: nos relés de contatos mecânicos que controlem cargas fortemente indutivas a abertura do circuito pode fazer com que tensões muito altas sejam geradas provocando o aparecimento de faíscas ou arcos. Estas faíscas ou arcos reduzem a vida útil dos contatos causando posteriormente falhas de funcionamento. Nos circuitos com TRIAC isso não acontece.

Não existem partes móveis: os relés possuem partes móveis que estão sujeitas a falhas de funcionamento, o que não sucede no caso dos TRIACs.

Maior velocidade: os contatos mecânicos precisam de um tempo muito maior para abrir ou fechar o circuito do que os TRIAC. A velocidade de operação destes TRIACs é muito maior.

Maior rendimento: os relés exigem mais potência aplicada à bobina do que o TRIAC à comporta para comutar uma carga de determinada potência. Isso ocorre porque nos relés é preciso haver uma força mecânica mínima aplicada aos contatos para mantê-los firmes, fechados, a qual determina a corrente de disparo. No TRIAC a potência necessária ao disparo é menor.

#### **Desvantagens:**

Maior sensibilidade a sobrecarga: os TRIACs são mais sensíveis a uma sobrecarga do que os relés. Eles podem queimar-se com muito mais facilidade.

Sensível a curto-circuito: os TRIACs são danificados com muito mais facilidade do que os relés se ocorrer um curto-circuito no circuito da carga que está sendo controlada.

Disparo por transientes: os TRIACs são muito mais sensíveis a transientes no circuito de disparo que pode levar a um falso disparo. Os relés, por exigirem mais potência e por serem fortemente indutivos são menos sensíveis a estes transientes.

Queda de tensão maior: nos relés a queda de tensão nos contatos é praticamente nula e portanto quase nenhuma potência é dissipada. Nos TRIACs existe uma queda de tensão da ordem de 2 V no disparo que faz com que tanto potência seja dissipada na forma de calor que também uma certa perda seja introduzida no circuito (MECATRÔNICA ATUAL, 2013)."

Apesar dos TRIACs possuírem algumas vantagens em relação aos relés, foi definido que estes seriam mais adequados, pois não perdem potência, diminuindo os desperdícios, a robustez, tornando o sistema mais duradouro e evitando gastos com manutenção e evitando os falsos disparos.

### **4.2.2 Módulo ZigBee**

Definido o atuador, precisou-se definir o módulo ZigBee que receberia os comandos para o acionamento dos relés.

Para fazer a rede ZigBee, existem dois tipos de abordagens, uma seria a utilização de transceptores RF e a outra o uso de módulos integrados.

A primeira opção seria viável para a fabricação e utilização em grande escala, pois os custos de desenvolvimento seriam elevados, já na segunda abordagem não seria necessário o desenvolvimento reduzindo o tempo necessário para a realização do trabalho, além do menor custo para pequena escala.

Portanto, decidiu-se utilizar módulos ZigBee para construir a rede doméstica. Para isto, pode-se encontrar muitos dispositivos no mercado, onde os mais famosos atualmente são os módulos XBee, fabricados pela Digi. A **Figura 4.3** mostra um módulo XBee-Pro da Digi.



**Figura 4.3:** Módulo XBee-PRO

Digi é um membro da ZigBee Alliance e tem desenvolvido soluções baseadas na arquitetura ZigBee. Os módulos XBee e XBee-PRO oferecem uma solução simples de implementar e um grande impulso tanto em variedade quanto em confiabilidade para empresas interessadas em oferecer ZigBee. Tais módulos têm as seguintes características:

- Compacto;
- Pronto para conectar e comunicar sem fio;
- Otimizado para aplicações de baixo custo e baixa taxa de transferência;
- Bateria com tempo de vida estendido;
- Segurança robusta;
- Alta confiabilidade na transmissão de dados;
- Compatível pino-a-pino com outros módulos;
- O alcance dos módulos XBee-PRO é 2 a 3 vezes maior do que um módulo ZigBee comum.

Porém, os preços destes dispositivos são altos comparando com outros no mercado, pode-se encontrar outros módulos menos “famosos” com um custo menor. Por exemplo, enquanto um módulo da Digi custa R\$140,00 em média, o módulo Garabee do Laboratório de Garagem custa R\$85,00<sup>4</sup>.

Como um dos objetivos do trabalho foi o menor custo, o módulo Garabee foi o escolhido, pois a princípio, ele atende todas as necessidades do projeto.

---

<sup>4</sup> Valores de janeiro de 2014

### 4.2.3 Placa CON-USBBEE

Para facilitar a conexão do módulo ZigBee com o computador é utilizada a placa CON-USBBEE, pois através dela consegue-se conectar o ZigBee na entrada USB de um computador para fazer o controle. A **Figura 4.4** ilustra a visão superior da COM-USBBEE.



**Figura 4.4:** Placa COM-USBBEE

Esta placa funciona como um adaptador, através de um *driver* fornecido pela empresa que fabrica o módulo ZigBee, ela faz uma conversão USB para uma entrada serial RS232, facilitando o envio de comandos para o módulo.

Quando é instalado a CON-USBBEE no computador o sistema operacional cria uma porta COMx virtual. Assim é possível criar um programa para se comunicar com a placa como se fosse uma comunicação serial padrão RS232.

### 4.2.4 Modelo proposto

Depois de definir o atuador e o módulo ZigBee, foi necessário projetar a placa eletrônica para que os mesmos fossem alimentados e se comunicassem.

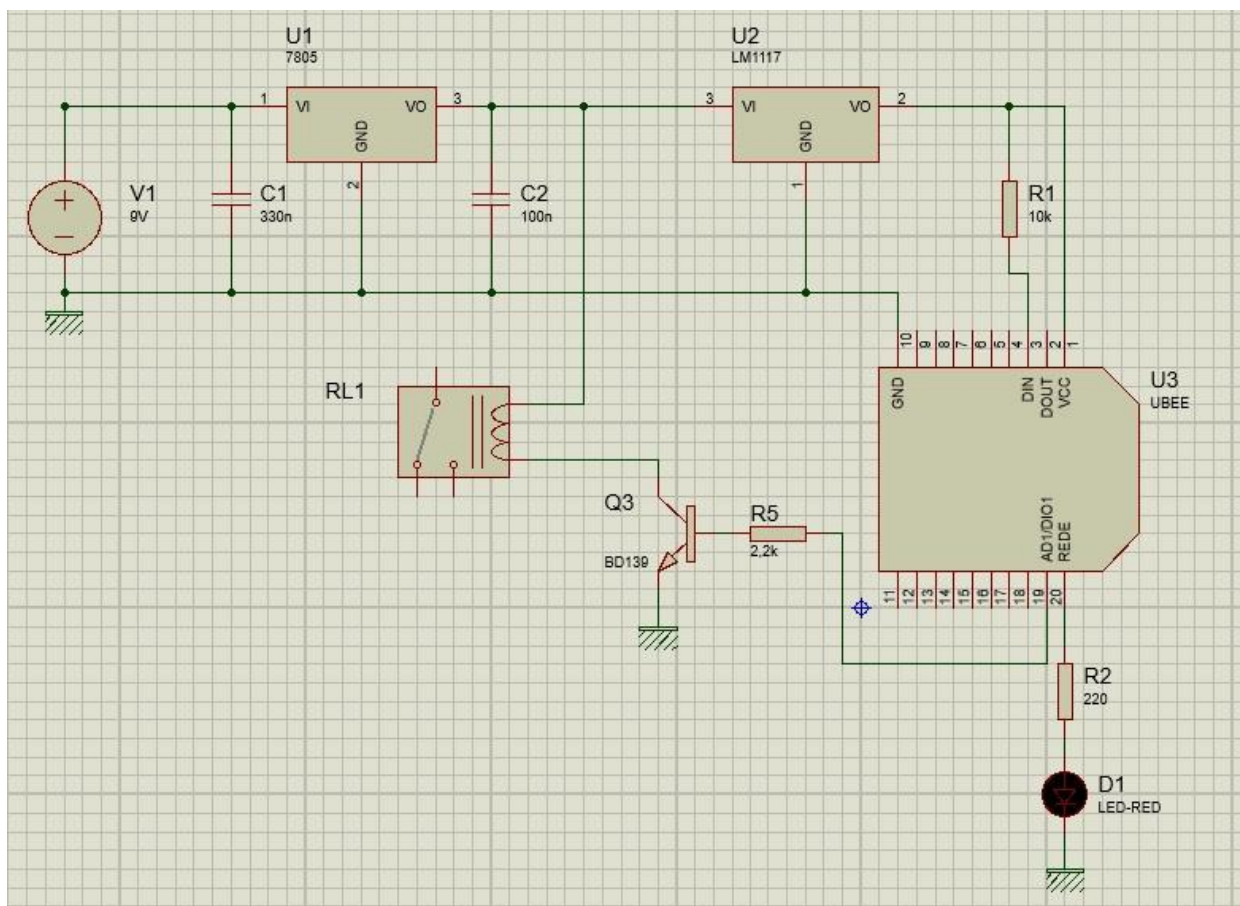
A maioria dos projetos envolvendo módulos ZigBee utilizam um outro tipo de microcontrolador para que trabalhem, juntamente com os módulos, executando as funções desejadas. Nestes casos o módulo é usado apenas como um receptor e transmissor RF.

Porem os módulos ZigBee do mercado já vem com funções parecidas com o microcontrolador, pois possuem entradas e saídas digitais, além de entradas analógicas e saídas em PWM. Por isso, pensando no menor custo possível para o projeto, foi dispensado o uso do microcontrolador, fazendo com que o módulo acione diretamente os relés através de transistores.

Os módulos ZigBee são alimentados por uma tensão de  $3.3\text{ V}$ , para os relés, foi definido que usar-se-ia os de acionamento de bobina de  $5\text{ V}$ , pois quanto menor a tensão de acionamento, menor seria o consumo do dispositivo. Além disso, com uma tensão de  $5\text{ V}$ , o regulador de tensão para  $3.3\text{ V}$  não irá esquentar muito com a potência consumida. A corrente máxima que os relés suportam em seus contatos é de  $10\text{ A}$ , que atenderia o especificado anteriormente.

Para o acionamento das bobinas dos relés, foram usados transistores. Isso foi necessário, pois o módulo só consegue mandar  $3,3\text{ V}$  em suas saídas digitais. O tipo de transistor utilizado foi o TBJ, para o chaveamento da tensão de  $5\text{ V}$  necessária nas bobinas. O TBJ escolhido foi o BD139 por ser mais facilmente encontrado na região e se adequar ao projeto. Este TBJ suporta uma corrente máxima de  $500\text{ mA}$ , e possui uma velocidade de chaveamento de  $300\text{ us}$ , além disso, a corrente de saturação da base é de  $0,05\text{ A}$  de acordo com seu *datasheet*.

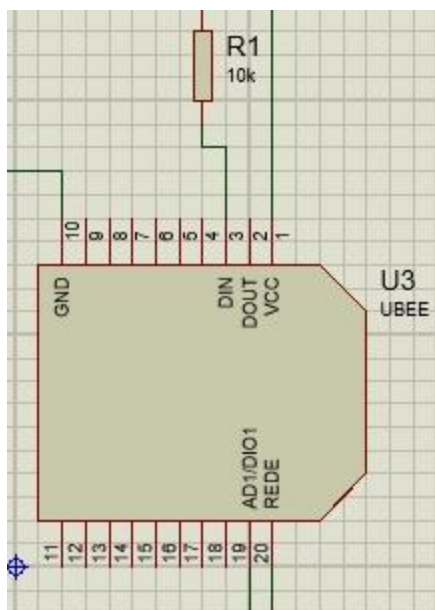
A **Figura 4.5** mostra o exemplo da parte eletrônica deste dispositivo, observa-se que o dispositivo possui uma fonte de  $9\text{ V}$ , pois este tipo de fonte é comum de se encontrar no mercado, ela é utilizada em telefones sem fio e equipamentos musicais como teclados entre outros. A fonte de  $9\text{ V}$  se tornou necessária porque fontes com tensões menores poderiam ter dificuldades de fornecer corrente suficiente para alimentar os relés e o ZigBee.



**Figura 4.5:** Projeto inicial para *hardware*.

Para diminuir a tensão de entrada para os 5V requeridos, optou-se por usar um regulador de tensão LM 7805, isso por ser um dispositivo imune à variações na entrada, deixando a saída sempre regulada em vez de usar resistores em série, que também regularia a tensão de entrada, porém suscetível a erros quando a entrada variasse. Colocou-se também um regulador LM 1117, com a função de diminuir os 5V de sua entrada para uma tensão regular de 3.3V para alimentar o módulo ZigBee.

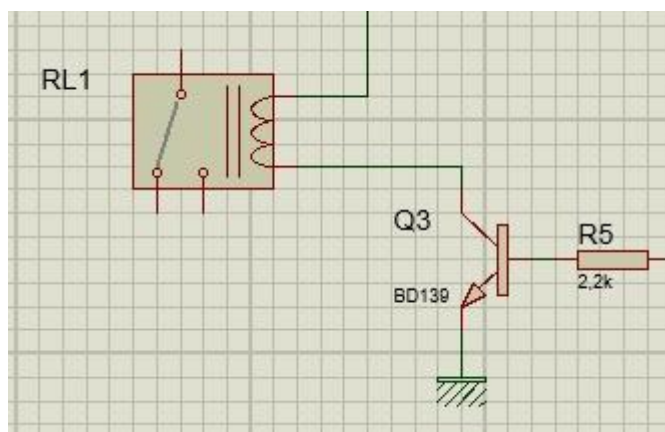
Para o módulo ZigBee, seguindo orientações de seu *datasheet*, foi ligado uma tensão de 3,3V direto no pino 1 (VCC) e também no pino 3 (DIN), no pino de entrada de dados DIN, um resistor de 10K $\Omega$  foi colocado para limitar a corrente como pode-se observar na **Figura 4.6**. O pino 10 deve ser ligado ao terra (GND).



**Figura 4.6:** Alimentação do módulo ZigBee

O pino 20 indica o sinal de rede, para tanto, foi colocado um led vermelho juntamente com um resistor de  $220 \Omega$  para limitar a corrente.

A **Figura 4.7** mostra como é feito o acionamento do relé. A saída do módulo envia uma corrente, que é regulada por um resistor, para a base do TBJ (BD139). O TBJ permite a passagem de corrente do coletor ao emissor fazendo com que a bobina do relé mude a posição da chave permitindo ou cortando a passagem da corrente que alimentará os aparelhos conectados às tomadas.



**Figura 4.7:** Acionamento do relé



### 4.3 PROGRAMAÇÃO (SOFTWARE)

Para criar um programa que servirá como um supervisor e também de interface entre os dispositivos e o usuário, foi preciso escolher uma plataforma para escrever este *software* na linguagem de programação escolhida.

Como descrito anteriormente, existem vários tipos de linguagens de programação e cada um com seu tipo de recursos e compatibilidade a sistemas operacionais.

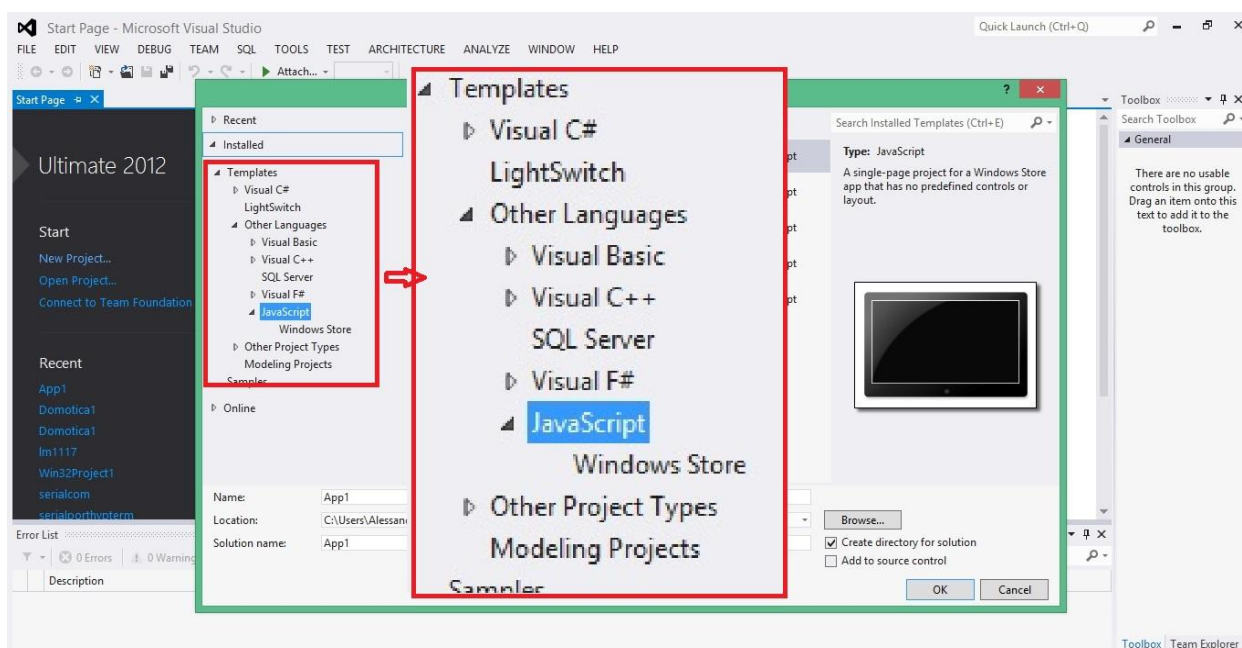
A princípio foi pensado em escrever o programa na linguagem Java, pois com esta, o supervisor poderia ser executado em mais tipos de sistemas operacionais, inclusive o *Android*.

A compatibilidade do programa com o sistema operacional *Android* seria importante, pois atualmente os equipamentos como os *tablets* e *smartphones* mais baratos utilizam este sistema.

Atualmente existem ambientes de desenvolvimento integrado que facilitam a escrita de novos *softwares*. Um deles é o Visual Studio da Microsoft, que foi escolhido para este projeto.

O *software* proposto no projeto foi implementado sobre plataforma Microsoft .NET, em linguagem C# (CSharp). A plataforma .NET possui uma linguagem intermediária (MSIL – *Microsoft Intermediary Language*) que implementa os tipos e operações comuns em diversas linguagens. Desta forma, qualquer compilador desenvolvido sobre esta linguagem intermediária torna seu código completamente portátil a qualquer outra linguagem compatível com a MSIL. Atualmente existem implementações de cerca de 42 linguagens, incluindo C++, C#, VB.NET, J#, Delphi, COBOL, Python, Haskell, Perl, SmallTalk e Eiffel. Adicionalmente, a plataforma .NET têm por objetivos melhorar os sistemas operacionais, os modelos de componente COM+ do desenvolvedor e proporcionar a publicação e/ou acesso do sistema através da Internet de forma independente da linguagem de programação (QUINDERÉ, 2009).

Apesar da linguagem Java ser uma boa opção, a facilidade que a linguagem C# proporciona, além dos conhecimentos adquiridos deste tipo de linguagem durante o curso, optou-se por esta linguagem através da plataforma Visual Studio 2012. A **Figura 4.8** mostra o ambiente de trabalho do Visual Studio 2012 e as opções de linguagens de programação.



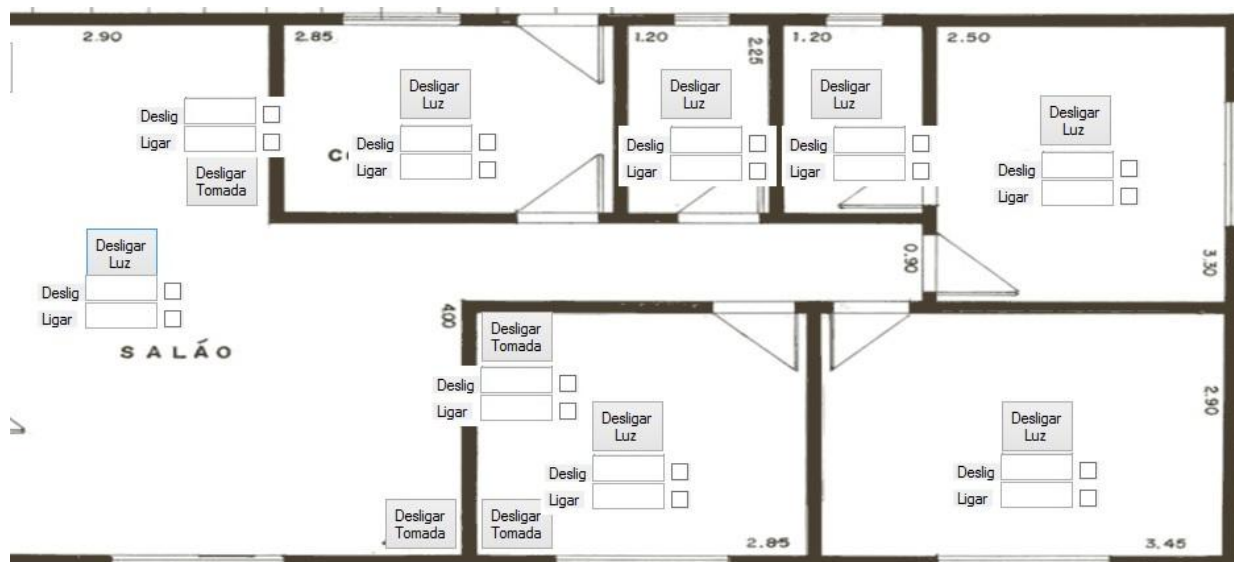
**Figura 4.8:** Visual Studio 2012

Essa escolha foi feita também pela possibilidade posterior de converter o programa de C# em Java, através de alguns aplicativos disponíveis no mercado.

Existe a possibilidade de se acessar o supervisor por *tablets* e *Smartphones*, de qualquer lugar, através da rede Internet utilizando *softwares* específicos como o *TeamView*, distribuído gratuitamente para aplicações domésticas.

Após a definição da linguagem de programação, foi definido a interface do programa e quais recursos ele deveria conter. Para tanto, foi pensado em uma interface bastante simples e intuitiva para que qualquer pessoa conseguisse ligar e desligar lâmpadas e tomadas, assim como programar essas ações.

Então o programa deveria ter uma planta da casa e os botões de liga e desliga situados no mapa em que a ação ocorreria, então o *software* seria como exemplificado na **Figura 4.9**.



**Figura 4.9:** Programa supervisorio pretendido

Observa-se na **Figura 4.9** que existe, em cada dispositivo, um lugar para colocar o horário em que se deseja ligar e desligar a tomada ou luz. O objetivo de o programa ser simples é o de poder atingir todas as classes e idades.

# CAPÍTULO 5

## 5. CONSTRUÇÃO DO DISPOSITIVO

Neste capítulo, será descrito os procedimentos para a construção do dispositivo proposto nos capítulos anteriores.

### 5.1 ESCOLHA E COMPRA DOS COMPONENTES

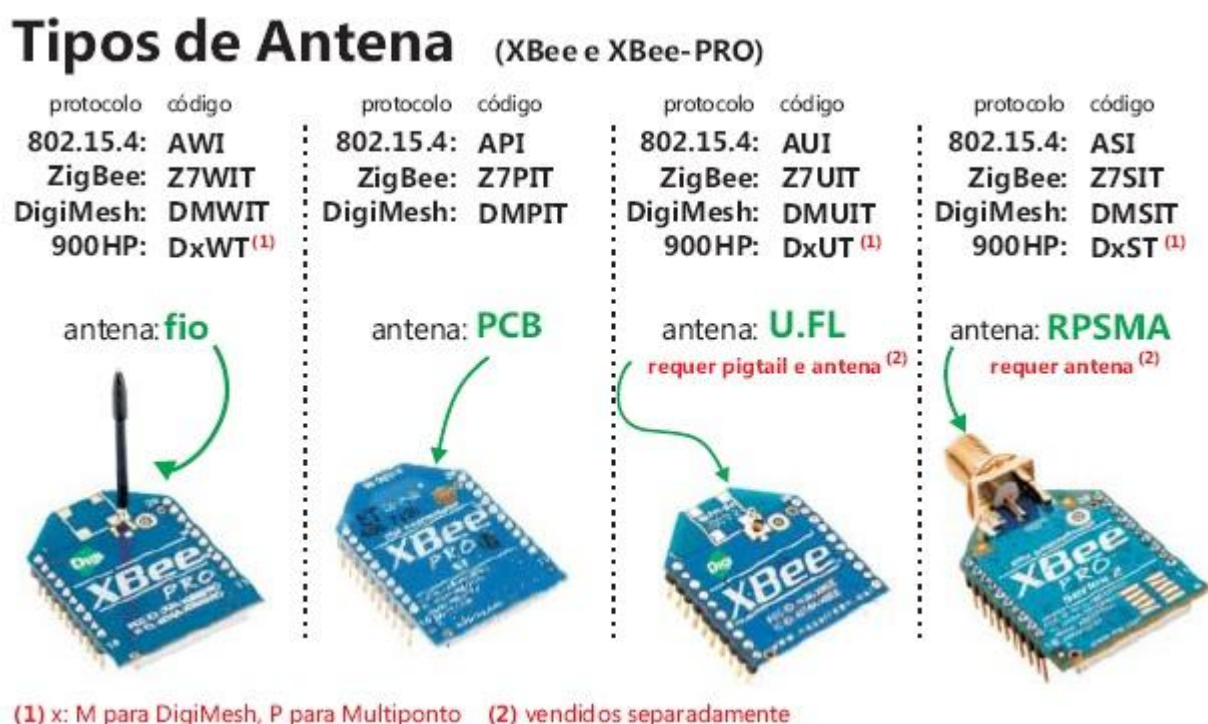
Para a construção da parte eletrônica do dispositivo, primeiramente definiu-se qual o tipo de módulo ZigBee se usaria.

A princípio analisaram-se os tipos de módulos disponíveis no mercado. Através de pesquisas em sites especializados, como a Xbee Store (<http://xbeestore.lojavirtualfc.com.br/>) que existem vários tipos de módulos com protocolos diferentes que são:

- XBee 802.15.4 – Usa as topologias iniciais ponto-a-ponto ou estrela através do protocolo IEEE 802.15.4;
- XBee-PRO 802.15.4 – Uma versão com maior potência e alcance do XBee 802.15.4;
- XBee DigiMesh 2.4 – Módulo XBee que usa a frequência de 2.4 GHz que usa a rede DigiMesh, pela Digi International;
- XBee-PRO DigiMesh 2.4 – A Uma versão com maior potência e alcance do XBee DigiMesh 2.4;
- XBee ZB – Um módulo XBee que incorpora a rede ZigBee PRO *mesh* ;
- XBee-PRO ZB – A Uma versão com maior potência e alcance do XBee ZB;
- XBee ZB SMT – Uma superfície de montagem XBee rodando o protocolo ZigBee;
- XBee-PRO ZB SMT – A Uma versão com maior potência e alcance do XBee ZB SMT;
- XBee SE – Um módulo XBee ZB com uma versão de segurança de rede incorporada;
- XBee-PRO SE – A Uma versão com maior potência e alcance do XBee SE.

Existem outros tipos de módulos que são usados na Europa e EUA. Além desta diversidade de tipos de módulos, ainda se tem diferentes fabricantes e com diferentes tipos de antenas RF.

A **Figura 5.1** mostra quatro tipos de antenas diferentes, além dos códigos do tipo de protocolos disponíveis, enquanto a **Figura 5.2** mostra os tipos de acessórios que se pode adquirir juntamente com os módulos, facilitando a programação e utilização dos mesmos.



**Figura 5.1:** Tipos de antena de módulos ZigBee.

FONTE: Catálogo Grupo Vika Controls.

Observou-se que os módulos que possuem o protocolo 802.15.4 são os mais simples e baratos, sobretudo os que não são PRO, ou seja, com uma potência menor. Estes módulos têm menos funções que os demais, porém possuem pinos que podem ser usados para saída digital, além de funções de rede ponto-a-ponto e *mesh*. Então, por questões de custo, escolheu-se este tipo de protocolo.

Definiu-se o tipo de antena como a de Fio e quanto ao fabricante, o módulo Garabee do Laboratório de Garagem foi o escolhido como ilustra a **Figura 5.3**. Nestes dois últimos quesitos, o custo também prevaleceu como fator mais importante.

## Acessórios

### Antenas de 2.4GHz:

2,1dBi / 5dBi / 6,15dB / 8dBi

### Antenas de 900MHz:

2,1dBi / 6,15dBi / 14dBi

### Placas / Interfaces



modelo:  
**CON-USBBee**  
(adaptador USB)



modelo:  
**XBIB-U**  
(interface USB)



modelo:  
**XBIB-R**  
(interface RS232)

### Outros



**Pigtail**  
(10 cm)



**Soquete**  
**10 vias**  
(2 mm)



**Adaptador**  
**2.54mm**  
(Breakout board)

**Figura 5.2:** Acessórios disponíveis para os módulos ZigBee.

FONTE: Catálogo Grupo Vika Controls.



**Figura 5.3:** Módulo Garabee

Para a interface entre estes módulos e o computador, comprou-se uma placa COM-USBBEE como mostra a **Figura 5.4**



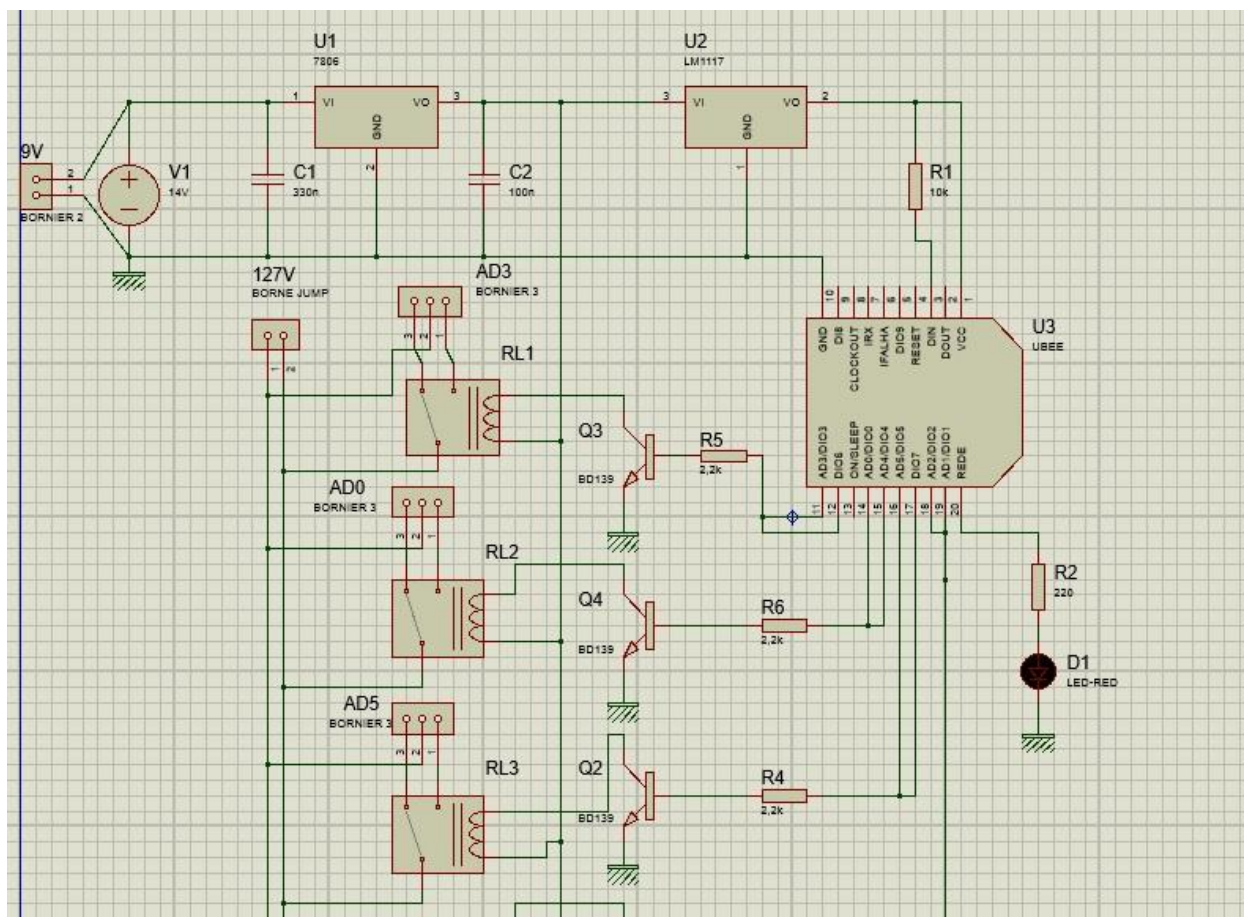
**Figura 5.4:** Placa COM-USB BEE.

Posteriormente, foram adquiridos os outros componentes para a montagem do protótipo, mas com algumas modificações devido à dificuldade de se encontrar alguns deles no mercado regional.

Portanto trocou-se os relés de 5 V por relés de 6 V e conseqüentemente o LM7805 por um LM7806. O regulador LM7806 tem características parecidas com o anterior, porém com uma saída regular de 6 V.

## 5.2 MONTAGEM DA PLACA

Para montar a placa de circuito impresso, primeiramente foi feito um teste em uma placa de ensaio (*Protoboard*), ligando o circuito como o montado na **Figura 5.5**.



**Figura 5.5:** Circuito de acionamento dos relés

Este circuito da figura acima foi montado no *software* Proteus, nele foi criado um módulo Garabee com a pinagem fornecida por seu fabricante de acordo com a **Figura 5.6**. Observa-se por esta tabela, que este módulo pode ter até 9 saídas digitais, mas como se quis ler o estado de cada uma das saídas, usou-se 4 pinos como saída e quatro pinos como entrada digital para ler esses estados.

Percebe-se também, que este módulo não contém saídas de PWM como outros possuem, porém isso não será necessário neste projeto.



Pino	Nome	Direção	Descrição
1	VCC	-	Alimentação + 3,3V
2	DOUT	Saída	Saída de dados da USART
3	DIN	Entrada	Entrada de dados da USART
4	RESET	Entrada	Inicializa módulo (um pulso nível 0 de pelo menos 200ms)
5	DIO9	Entrada/Saída	Entrada/Saída Digital 1
6	IFALHA	Saída	Indicação de Falha na Comunicação
7	IRX	Saída	Indicação de dado recebido
8	CLOCKOUT	Saída	Saída de Clock de 4MHz
9	DIO8	Entrada/Saída	Entrada / Saída Digital 8
10	GND	-	Terra
11	AD3/DIO3	Entrada/Saída	Entrada Analógica 3 / Entrada / Saída Digital 3
12	DIO6	Entrada/Saída	Entrada/Saída Digital 6
13	$\overline{\text{ON}} / \text{SLEEP}$	Entrada	Modo de Operação
14	AD0/DIO0	Entrada/Saída	Entrada Analógica 0 / Entrada / Saída Digital 0
15	AD4/DIO4	Entrada/Saída	Entrada Analógica 4 / Entrada / Saída Digital 4
16	AD5/DIO5	Entrada/Saída	Entrada Analógica 5 / Entrada / Saída Digital 5
17	DIO7	Entrada/Saída	Entrada / Saída Digital 7
18	AD2/DIO2	Entrada/Saída	Entrada Analógica 2 / Entrada / Saída Digital 2
19	AD1/DIO1	Entrada/Saída	Entrada Analógica 1 / Entrada / Saída Digital 1
20	REDE	Saída	Indicação de REDE

**Figura 5.6:** Tabela de pinos do Garabee

FONTE: [www.fractumrf.com](http://www.fractumrf.com)

Antes de testar o circuito na placa de ensaio, foi necessário configurar os módulos ZigBee para que realizassem suas respectivas funções. Neste caso, foram adquiridos 3 módulos, dois para realizarem a função de roteadores e um para ser o coordenador.

### 5.2.1 Configuração dos módulos

A **Tabela 8.2** localizada em **ANEXO B** traz a lista de todos os comandos possíveis para a configuração destes módulos. Para a configuração dos mesmos, diferentemente dos módulos da Digi ou MaxStream que possuem programas específicos para facilitar a configuração, como o X-CTU, são feitos por comandos AT.

Os comandos ATs são comandos enviados para a porta serial do computador, antigamente usados para configuração de modems. Para utilizar estes comandos no Garabee, usou-se a placa CON-USBEE, criando uma saída serial virtual COM5, neste caso, e o *software* TeraTerm para enviar os comandos. O TeraTerm foi um dos poucos terminais de comando que o Garabee suportou.

Para a configuração, primeiramente é inserido no terminal TeraTerm as características iniciais do dispositivo, configurando o terminal da seguinte maneira:

- baudrate =19200;
- Sem paridade;
- Data Bits = 8;
- Stop Bits =1.

Em seguida, para iniciar o modo de comando, foi digitado +++ seguido de um *enter*, então pode-se configurar o módulo.

Os seguintes comandos foram digitados para o módulo coordenador:

- ATDA 1 <Enter> (comando para configurar qual endereço este módulo Garabee irá mandar os dados);
- ATSA 3 <Enter> (comando para configurar o endereço deste módulo);
- ATRO 0 <Enter> (comando para configurar o tempo antes de enviar os dados) neste caso os dados serão enviados imediatamente;
- ATCH 20 <Enter> (comando para configurar o canal de operação do módulo) escolhido para ficar no centro da faixa possível, entre 11 e 26 de 2,4GHz;
- ATID 1 <Enter> (comando para configurar o endereço da rede. Para os módulos conversarem entre si é necessário que este seja igual em todos os módulos) decidiu-se por usar a 1;
- ATMS 1 <Enter> habilita o modo *sleep* para economizar energia;
- ATTS 1 <Enter> Configura o tempo de sleep para 8,45s;
- ATMPR 65535 <Enter> Desabilita o envio de relatórios periódicos (não será necessário);

- ATREN 0 <Enter> desabilita o roteamento da transmissão, isso só será necessário para os roteadores e se eles ficarem muito distantes do coordenador;
- ATDOI 0 <Enter> Configura todas as saídas iniciando no nível lógico 0;
- ATCT1 0 <Enter> Configura o pino IO1 como saída;
- ATCT2 0 <Enter> Configura o pino IO2 como saída;
- ATCT3 0 <Enter> Configura o pino IO3 como saída;
- ATCT4 0 <Enter> Configura o pino IO4 como saída;
- ATCT5 0 <Enter> Configura o pino IO5 como saída;
- ATCT6 0 <Enter> Configura o pino IO6 como saída;
- ATCT7 0 <Enter> Configura o pino IO7 como saída;
- ATCT8 0 <Enter> Configura o pino IO8 como saída;
- ATCT9 0 <Enter> Configura o pino IO9 como saída;
- ATWR <Enter> (comando para salvar os dados);
- ATCN <Enter> (comando para sair do modo de comando).

Para o módulo roteador 1, segue os mesmos passos anteriores e depois configura-se:

- ATDA 3 <Enter> (comando para configurar qual endereço este módulo Garabee irá mandar os dados);
- ATSA 1 <Enter> (comando para configurar o endereço deste módulo);
- ATRO 0 <Enter> (comando para configurar o tempo antes de enviar os dados) neste caso os dados serão enviados imediatamente;
- ATCH 20 <Enter> (comando para configurar o canal de operação do módulo) escolhido para ficar no centro da faixa possível, entre 11 e 26 de 2,4GHz;
- ATID 1 <Enter> (comando para configurar o endereço da rede. Para os módulos conversarem entre si é necessário que este seja igual em todos os módulos) decidiu-se por usar a 1;
- ATMS 1 <Enter> habilita o modo *sleep* para economizar energia;
- ATTS 1 <Enter> Configura o tempo de sleep para 8,45s;

- ATMPR 65535 <Enter> Desabilita o envio de relatórios periódicos (não será necessário);
- ATREN 1 <Enter> habilita o roteamento da transmissão, isso só será necessário para os roteadores e se eles ficarem muito distantes do coordenador;
- ATDOI 1 <Enter> Configura todas as saídas iniciando no nível lógico 0;
- ATCT1 0 <Enter> Configura o pino IO1 como entrada digital;
- ATCT2 1 <Enter> Configura o pino IO2 como entrada digital;
- ATCT3 1 <Enter> Configura o pino IO3 como entrada digital;
- ATCT4 0 <Enter> Configura o pino IO4 como saída;
- ATCT5 1 <Enter> Configura o pino IO5 como entrada digital;
- ATCT6 0 <Enter> Configura o pino IO6 como saída;
- ATCT7 0 <Enter> Configura o pino IO7 como saída;
- ATCT8 0 <Enter> Configura o pino IO8 como saída;
- ATCT9 0 <Enter> Configura o pino IO9 como saída;
- ATWR <Enter> (comando para salvar os dados);
- ATCN <Enter> (comando para sair do modo de comando).

Conseqüentemente, o segundo roteador:

- ATDA 3 <Enter> (comando para configurar qual endereço este módulo Garabee irá mandar os dados);
- ATSA 2 <Enter> (comando para configurar o endereço deste módulo);
- ATRO 0 <Enter> (comando para configurar o tempo antes de enviar os dados) neste caso os dados serão enviados imediatamente;
- ATCH 20 <Enter> (comando para configurar o canal de operação do módulo) escolhido para ficar no centro da faixa possível, entre 11 e 26 de 2,4GHz;
- ATID 1 <Enter> (comando para configurar o endereço da rede. Para os módulos conversarem entre si é necessário que este seja igual em todos os módulos) decidiu-se por usar a 1;

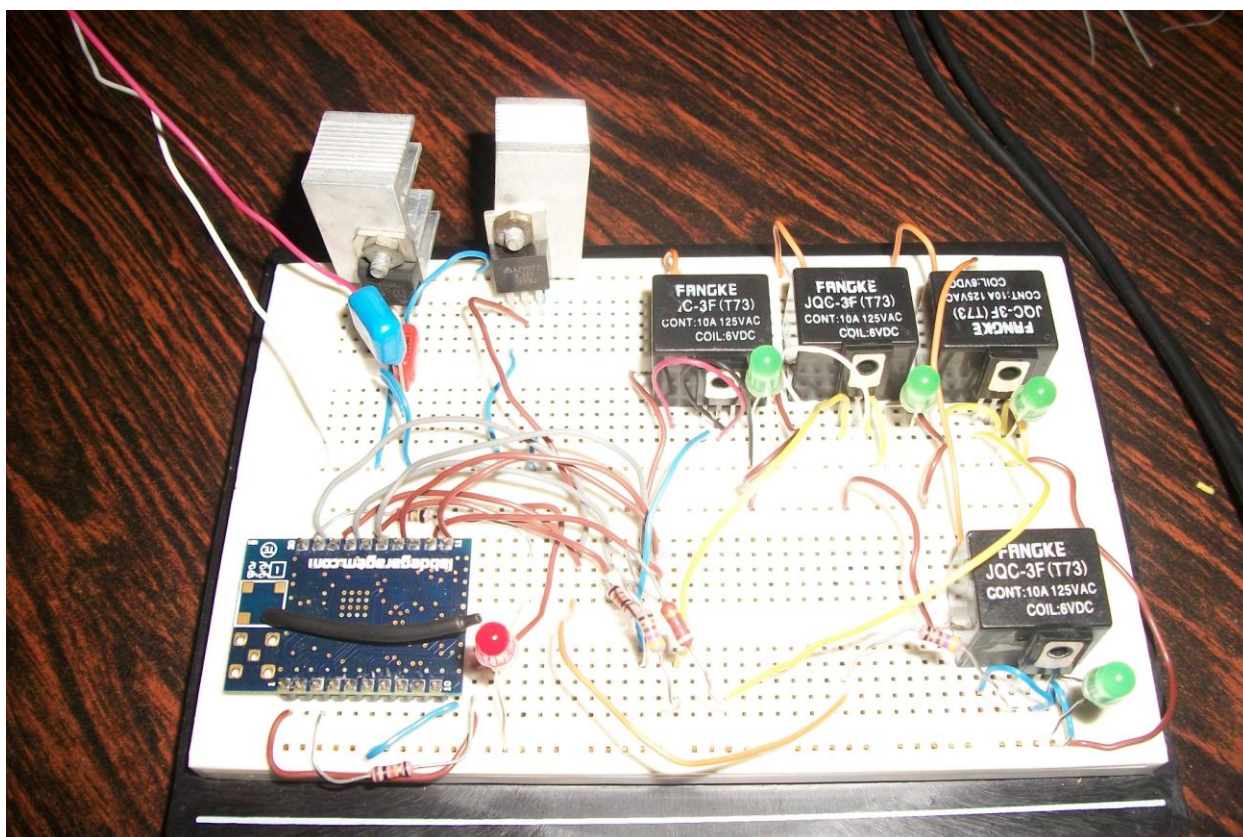
- ATMS 1 <Enter> habilita o modo *sleep* para economizar energia;
- ATTS 1 <Enter> Configura o tempo de sleep para 8,45s;
- ATMPR 65535 <Enter> Desabilita o envio de relatórios periódicos (não será necessário);
- ATREN 1 <Enter> habilita o roteamento da transmissão, isso só será necessário para os roteadores e se eles ficarem muito distantes do coordenador;
- ATDOI 1 <Enter> Configura todas as saídas iniciando no nível lógico 0;
- ATCT1 0 <Enter> Configura o pino IO1 como entrada digital;
- ATCT2 1 <Enter> Configura o pino IO2 como entrada digital;
- ATCT3 1 <Enter> Configura o pino IO3 como entrada digital;
- ATCT4 0 <Enter> Configura o pino IO4 como saída;
- ATCT5 1 <Enter> Configura o pino IO5 como entrada digital;
- ATCT6 0 <Enter> Configura o pino IO6 como saída;
- ATCT7 0 <Enter> Configura o pino IO7 como saída;
- ATCT8 0 <Enter> Configura o pino IO8 como saída;
- ATCT9 0 <Enter> Configura o pino IO9 como saída;
- ATWR <Enter> (comando para salvar os dados);
- ATCN <Enter> (comando para sair do modo de comando).

Em relação aos módulos roteadores, apenas o comando ATSA é diferente, pois ele irá configurar o endereço do módulo.

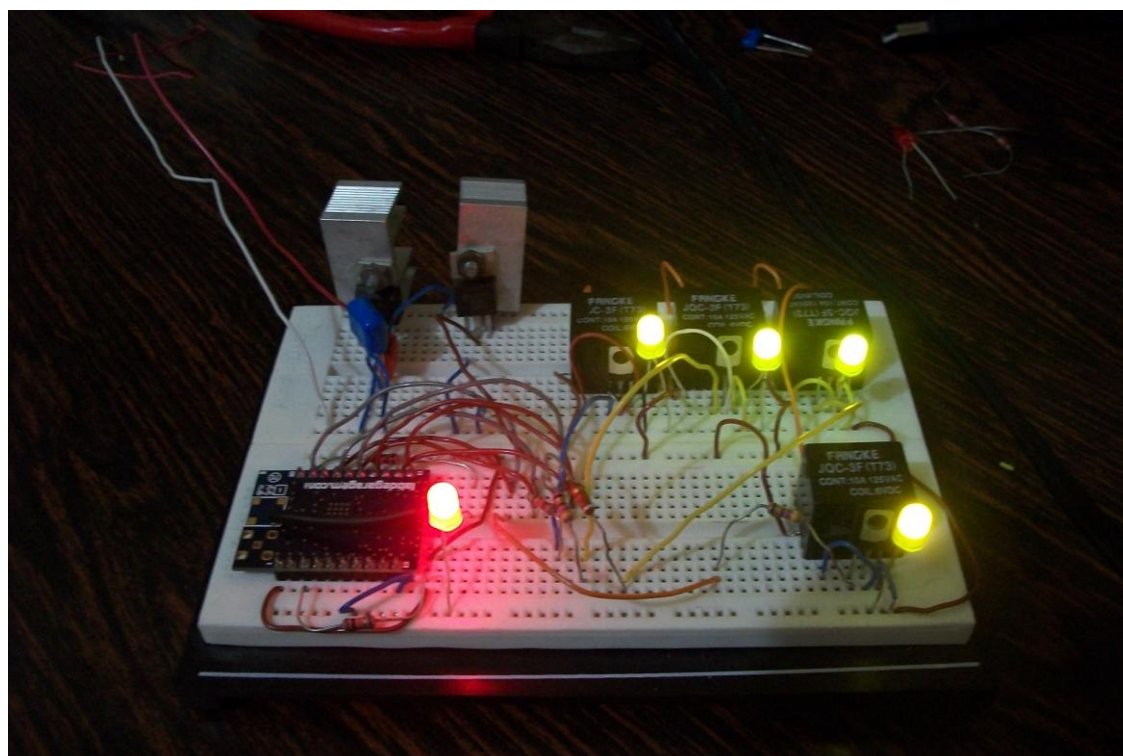
### 5.2.2 Placa de ensaio

Após a configuração dos módulos, montou-se o dispositivo na *protoboard*. Com o módulo coordenador ligado ao computador através do CON-USBEE e usando o TeraTerm para enviar comandos para os módulos, foi realizado os testes.

A **Figura 5.7** mostra o dispositivo montado com quatro relés, enquanto a **Figura 5.8** mostra os quatro relés sendo acionados.



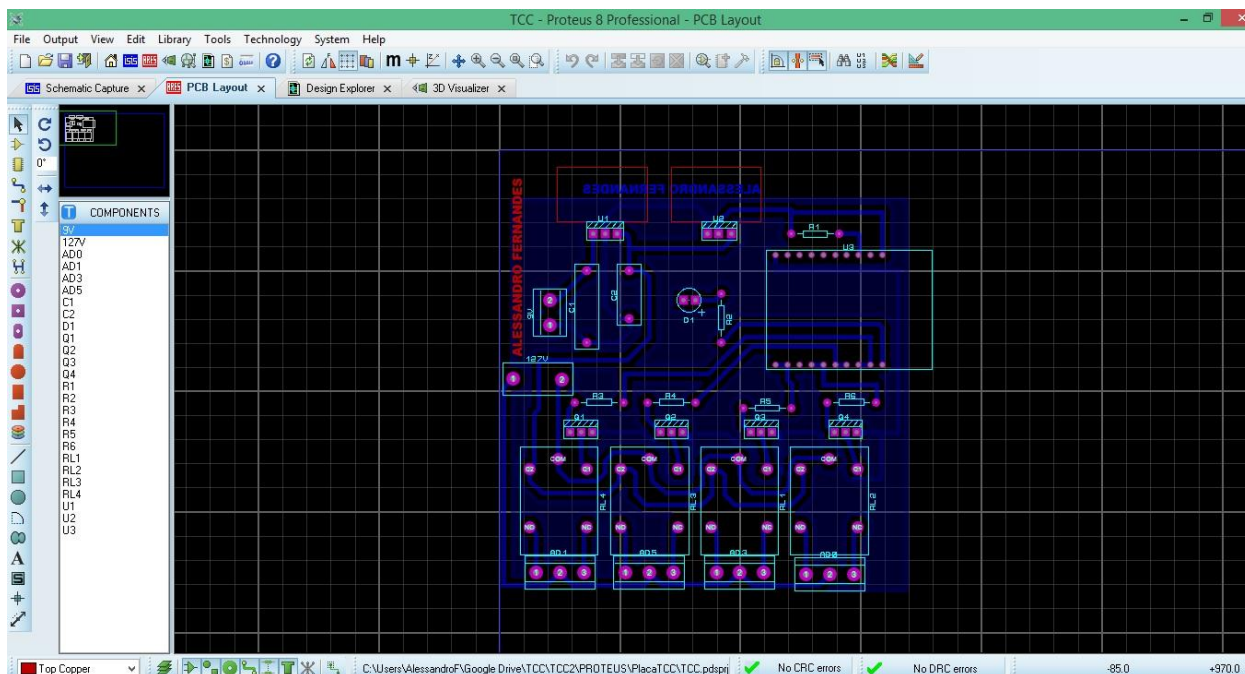
**Figura 5.7:** Protoboard com os componentes



**Figura 5.8:** Acionamento de relés na placa de ensaio

### 5.2.3 Placa de circuito impresso

Depois de realizar os testes, o circuito foi desenhado no Proteus, posteriormente, usando a plataforma ARES do mesmo programa, montou-se o desenho do circuito impresso como mostra a **Figura 5.9**.



**Figura 5.9:** Desenho do circuito impresso.

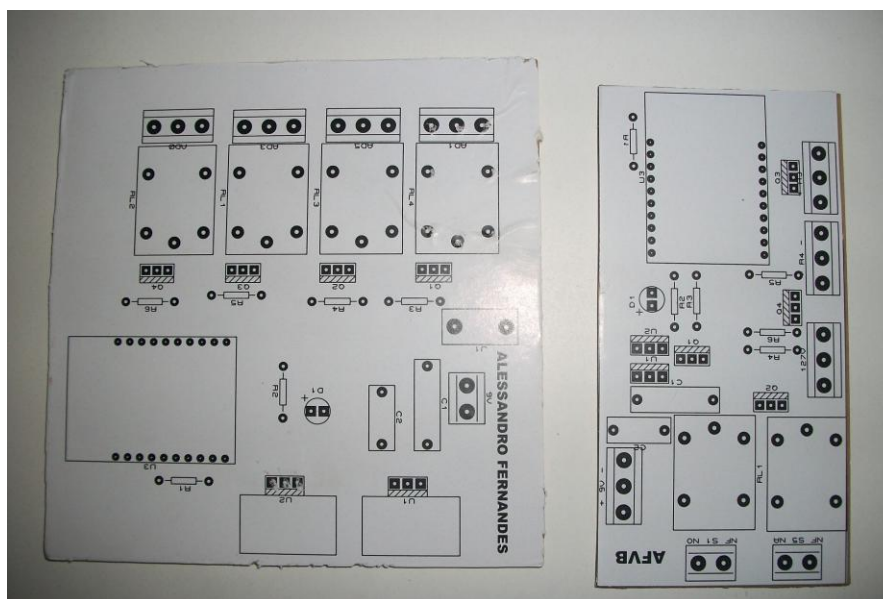
Em seguida, fez-se a impressão das trilhas em papel *couché*, passando o desenho para a placa de cobre (**Figura 5.10**) e em seguida a corroendo com percloroeto férrico. A **Figura 5.11** apresenta o resultado da corrosão, e a **Figura 5.12** mostra as placas com adesivos indicativos de componentes.



**Figura 5.10:** Passando o desenho para a placa



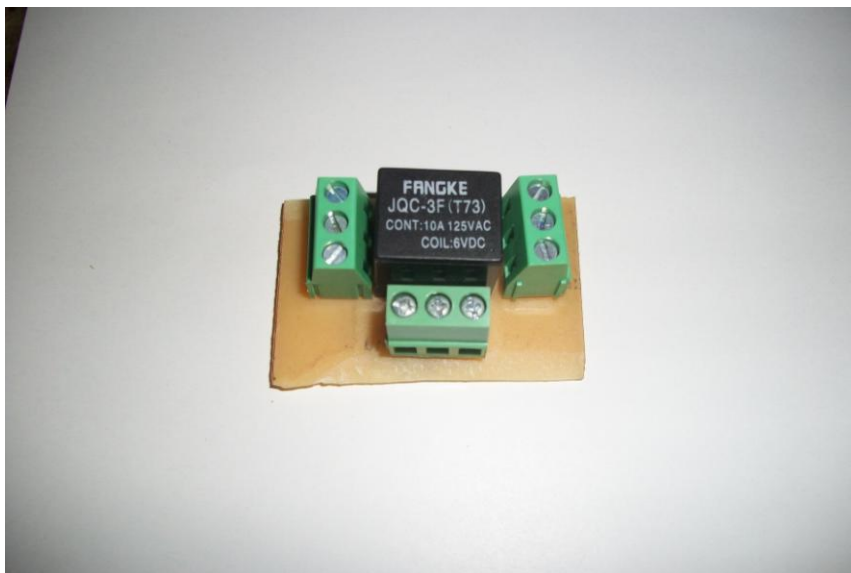
**Figura 5.11:** Placas de circuito impresso



**Figura 5.12:** Vista superior das placas

Foram feitos dois tipos de placa, como mostram as **Figuras 5.11** e **5.12**, uma com 4 relés e outra com apenas 2, mas a segunda com a possibilidade de se acionar mais dois relés externos. Isso foi feito para que a placa ocupe menos espaço e os relés possam ficar mais perto das tomadas que serão controladas. A **Figura 5.13** mostra o relé em uma placa separada.

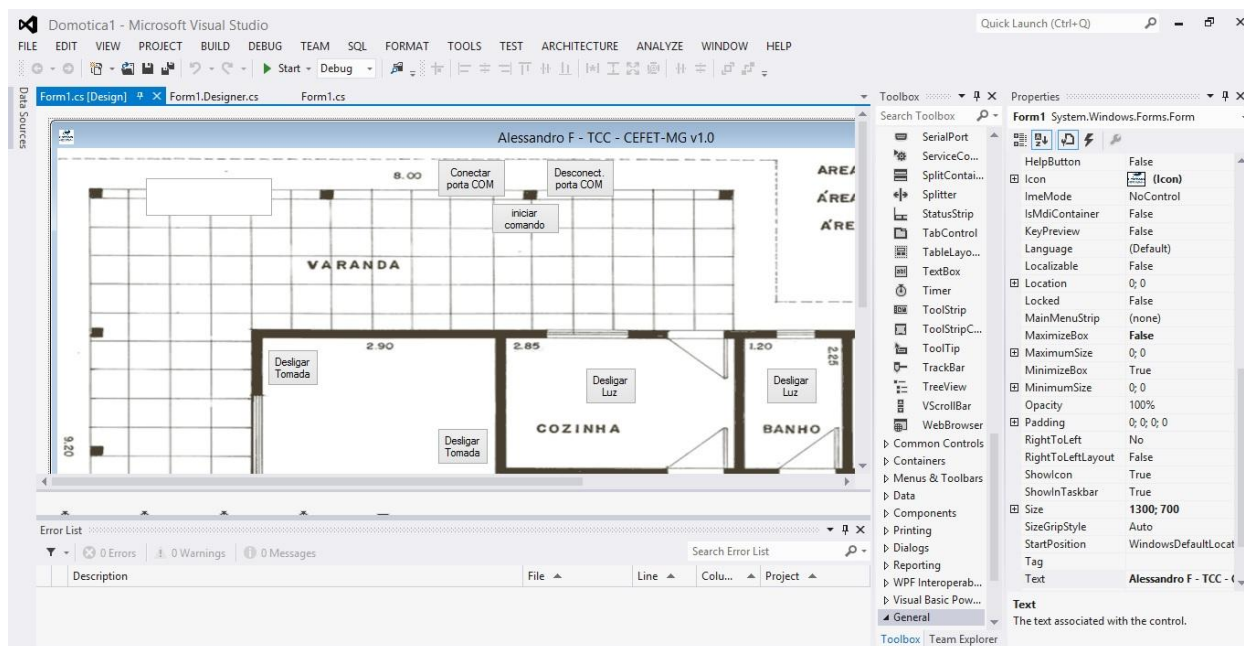




**Figura 5.13:** Placa com relé

### 5.3 PROGRAMAÇÃO

Para a programação foi usado a plataforma Visual Studio 2012 (**Figura 5.14**).



**Figura 5.14:** Visual Studio 2012

Em primeiro lugar foi feito a parte visual do supervisor, para isto foi criado botões e colocou-se os mesmos em lugares estratégicos, de acordo com a planta de uma residência, que se tornou o plano de fundo.

Em seguida, criou-se um botão para que, através dele, a porta COM (porta serial) pudesse ser acessada. Isso foi feito com o código mostrado na **Figura 5.15**.

```
private void button13_Click(object sender, EventArgs e)
{
    // Set values for some properties
    int baud = Convert.ToInt32(textBox6.Text);
    serialPort1.PortName = textBox5.Text;
    serialPort1.BaudRate = baud;
    serialPort1.Parity = System.IO.Ports.Parity.None;
    serialPort1.DataBits = 8;
    serialPort1.StopBits = System.IO.Ports.StopBits.One;
    serialPort1.Handshake = System.IO.Ports.Handshake.None;
    serialPort1.RtsEnable = true;
    serialPort1.ReadTimeout = (500);
    serialPort1.WriteTimeout = (500);

    // Writes data to the Serial Port output buffer
    try
    {
        serialPort1.Open();
        if ((serialPort1.IsOpen == true))
        {
            MessageBox.Show("Porta conectada");

            button13.Enabled = false;
            button14.Enabled = true;
        }
    }
}
```

**Figura 5.15:** Conectando a porta serial

O código apresentado mostra que a porta serial foi configurada com os mesmos valores que foram usados no TeraTerm, a linha “portname” tem uma entrada para que o usuário possa escolher, pois ela pode variar de computador a computador (COM1, COM2, ...). Da mesma forma, a linha “baud” também pode ser escolhida pelo usuário, ela representa a velocidade de transferência de dados, no nosso caso 19200bps.

Para o acionamento dos relés, usou-se o código na **Figura 5.16** em cada botão, com o endereço do módulo e saída correspondente.

```

private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (button1.Text == "Ligar Luz")
    {
        try
        {
            button1.Text = "Desligar Luz";
            serialPort1.Write("ATDA 1" + "\r");
            serialPort1.Write("ATWRO1 1" + "\r");
            MessageBox.Show("Ligando Luz");
        }
        catch (Exception ex)
        {
            MessageBox.Show(ex.Message, "Erro!");
        }
    }
    else
    {
        try
        {
            button1.Text = "Ligar Luz";
            serialPort1.Write("ATDA 1" + "\r");
            serialPort1.Write("ATWRO1 0" + "\r");
            MessageBox.Show("Apagando Luz");
        }
        catch (Exception ex)
        {
            MessageBox.Show(ex.Message, "Erro!");
        }
    }
}

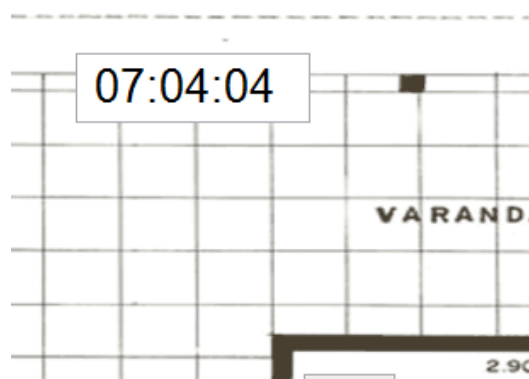
```

**Figura 5.16:** Acionamento do relé

Observa-se que primeiro escolhe-se o endereço do módulo, e depois se define a saída em nível alto ou baixo. Todos escritos com o comando "serialPort1.Write".

Por fim, para esta primeira versão de supervisório, usou-se temporizadores para realizar os comandos de liga/desliga programados. Para isso, um temporizador sincroniza o horário com o relógio do computador de 1 em 1 segundo (**Figura 5.17**), e outro temporizador faz a checagem, somente se a respectiva caixa estiver marcada (**Figura 5.18**), se o valor escrito é igual ao horário atual e caso seja, ele executa o comando (**Figura 5.19**).

```
private void timer1_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    textBox1.Text = DateTime.Now.ToLongTimeString();
}
```



**Figura 5.17:** Sincronizando o horário atual

```
private void checkBox2_CheckedChanged(object sender, EventArgs e)
{
    if (checkBox2.Checked == true)
    {
        timer3.Enabled = true;
    }
    else
    {
        timer3.Enabled = false;
    }
}
```



**Figura 5.18:** Checa se a caixa está marcada.

```
private void timer3_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    if (textBox3.Text == textBox1.Text)
    {
        if (button1.Text == "Ligar Luz")
        {
            button1.Text = "Desligar Luz";
        }
        timer3.Enabled = false;
    }
}
```



Figura 5.19: Executa o comando.

A Figura 5.20 mostra como ficou a versão inicial no programa.

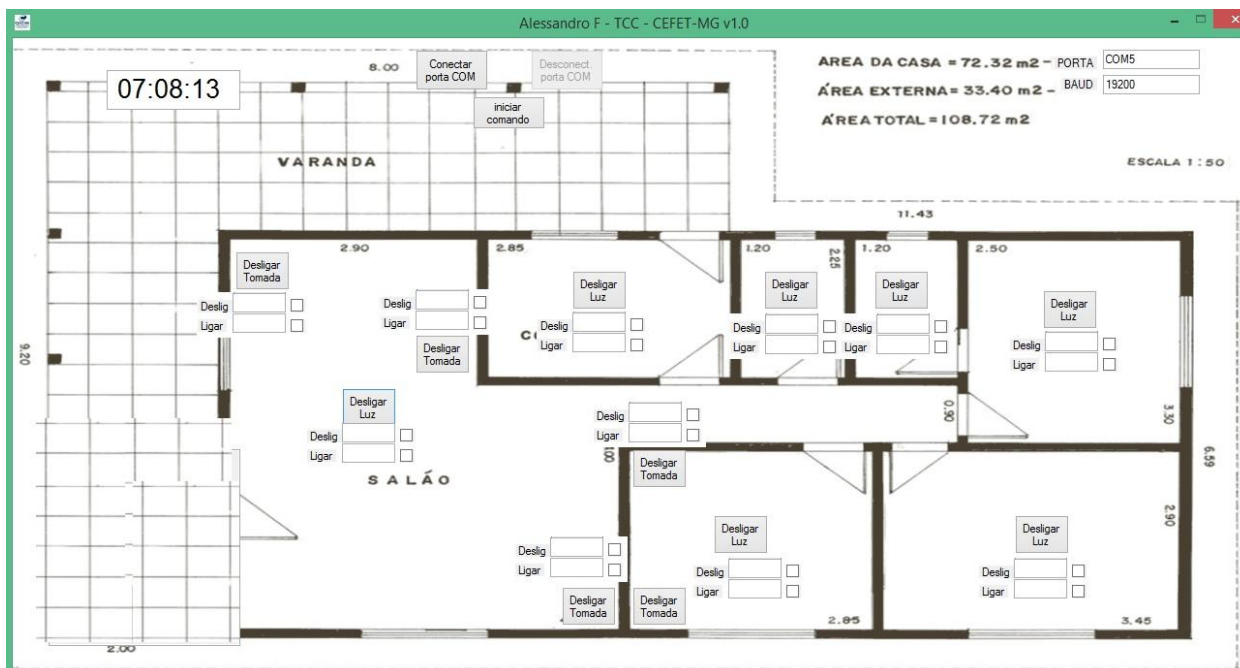


Figura 5.20: Supervisório V1.0

# CAPÍTULO 6

## 6. RESULTADOS E PERSPECTIVAS

### 6.1 FUNCIONAMENTO

Com a placa pronta, foram feitos testes em laboratório para verificar o funcionamento, assim como o consumo das placas. Foram feitos testes quanto à comunicação entre o *software* e o *hardware* criados. Os comandos funcionaram perfeitamente, acionando os relés de forma correta, mesmo quando se variava os módulos, ou seja, os dois módulos roteadores funcionaram ao mesmo tempo sem nenhum impedimento.

Quanto a distância dos sinais, os módulos se comunicaram bem a uma distância de 15 metros com obstáculos (uma casa com 4 quartos de distância), mesmo quando tentou-se o acionamento em pisos diferentes (acionando em um andar superior) o dispositivo funcionou perfeitamente.

Não se chegou a uma distância limite, pois foi desnecessário já que uma residência não terá distâncias tão significativas entre os quartos.

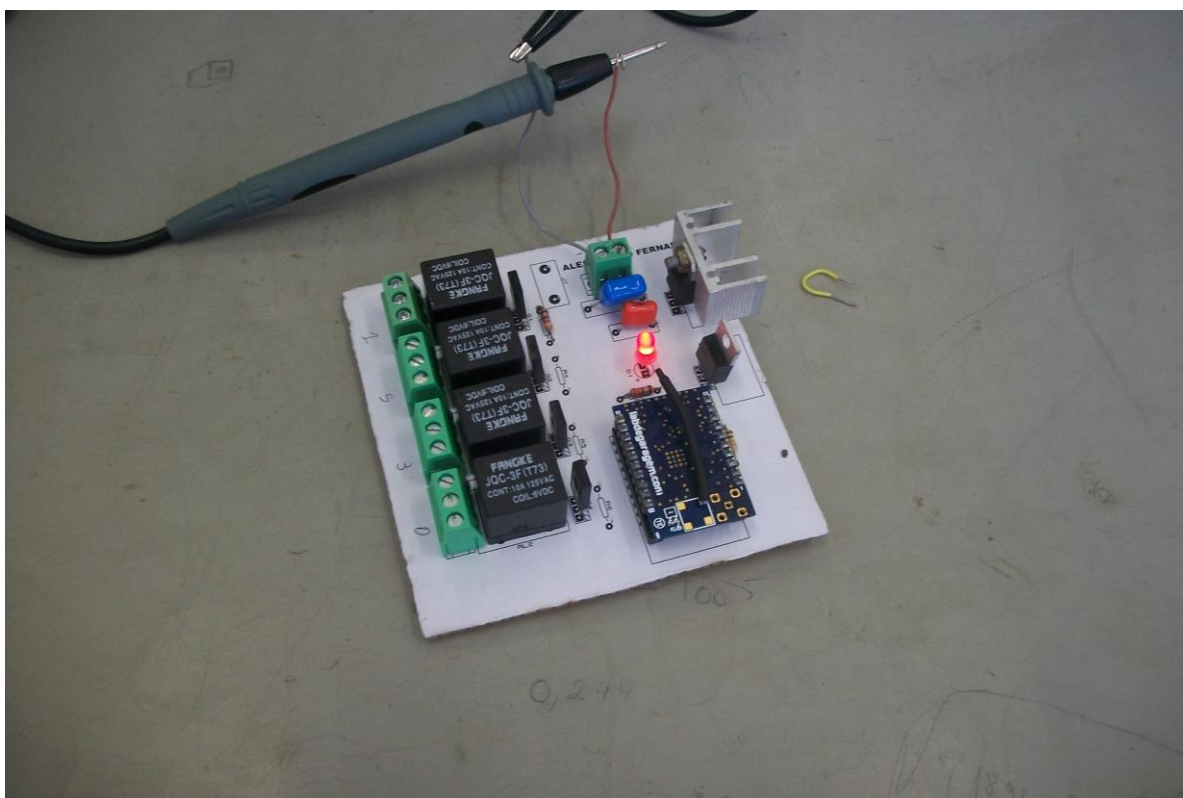
### 6.2 CONSUMO

Em relação ao consumo, foram feitos vários testes variando a alimentação do circuito (V1 da **Figura 5.5**) e os resistores que controlam as correntes nas bases dos TBJs (R5 e R6 da **Figura 5.5**).

A princípio, usou-se um resistor de  $470\ \Omega$  no R5 e variou-se V1 de 6 V a 14 V (**Figura 6.1**), o resultado das correntes encontradas estão na **Tabela 6.1**.

**Tabela 6.1:** Correntes de entrada

Fonte	Corrente
6V	42,3mA
7V	44,8mA
8V	46,0mA
9V	46,8mA
10V	46,8mA
11V	46,8mA
12V	46,8mA
13V	46,8mA
14V	46,8mA

**Figura 6.1:** Testes de consumo

Os resultados da **Tabela 6.1** mostram que a corrente se estabiliza a partir de 9 V, portanto, com tensões menores é possível que a corrente não suporte acionar vários relés ao mesmo tempo.

Usando a fonte de 9 V, trocou-se o resistor R5 e mediu-se a corrente de saída em V1. O resultado se observa na **Tabela 6.2**.

**Tabela 6.2:** Correntes do relé

<b>Fonte 9V</b>	<b>Correntes</b>		
<b>Resist</b>	<b>Relé desl</b>	<b>Relé Lig.</b>	<b>Diferença</b>
<b>470<math>\Omega</math></b>	<b>46,8mA</b>	<b>107mA</b>	<b>60,2 mA</b>
<b>4,5k<math>\Omega</math></b>	<b>46,8mA</b>	<b>101,8mA</b>	<b>55 mA</b>
<b>10k<math>\Omega</math></b>	<b>46,8mA</b>	<b>92,4mA</b>	<b>45,6mA</b>

Através destes testes, observou-se que a corrente de saída em V1 é menor quando se aumenta a resistência em R5, como esperado, e que o TBJ conseguiu acionar o relé com uma resistência de até 10 k $\Omega$ , então decidiu-se testar a placa com estes resistores.

Testou-se o acionamento de 4 relés com resistências de 10k $\Omega$  em R5 e R6, o resultado das correntes está na **Tabela 6.3**.

**Tabela 6.3:** Correntes calculadas

Tensao	Relés ligados		
	0	1	2
6V	42,3mA	Não ac	
7V	44,8mA	88,2mA	128,5mA
8V	46,0mA	91,0mA	135,9mA
9V	46,8mA	92,4mA	138,0mA
10V	46,8mA	92,5mA	138,0mA
11V	46,8mA	92,5mA	138,5mA
12V	46,8mA	92,5mA	138,5mA
13V	46,8mA	92,5mA	138,5mA
14V	46,8mA	92,5mA	138,5mA

Não foi medido as correntes para o acionamento de 3 e 4 relés simultâneos, mas os testes feitos na placa impressa indicaram que a corrente é suficiente. As resistências nas bobinas dos relés ficaram em torno de 100  $\Omega$ .



Através das medições de correntes mostradas na **Tabela 6.3**, nota-se que uma corrente de aproximadamente  $45,85\text{ mA}$  é somada para cada relé acionado. Calculando esse valor para quatro relés simultaneamente acionados, além da corrente base de  $46,8\text{ mA}$ , obtêm-se uma corrente máxima de  $230,2\text{ mA}$ .

Calculando a potência do dispositivo:

$$P = V * i = 9\text{ V} * 230,2\text{ mA} = 2,07\text{ W} \quad (5)$$

Então, quando os quatro relés estão energizados, o consumo do dispositivo será de aproximadamente  $0,002\text{ kWh/h}$  (CEMIG, 2012). Já com o dispositivo sem acionar os relés, a potência será 5 vezes menor, ou seja, em torno de  $0,42\text{ W}$ .

A **Figura 6.2** mostra o consumo de alguns aparelhos domésticos no ano de 2001, onde pode-se perceber que o consumo médio de todos os tipos de aparelhos listados são maiores ou iguais ao do dispositivo de controle no seu pior caso.

<b>Aparelhos</b>	<b>consumo mín</b>	<b>consumo médio</b>	<b>consumo máx</b>
<i>equip. áudio</i>	2	4	15
<i>DVD</i>	2	4	12
<i>rádio/relógio</i>	1	2	3
<i>portão eletrônico</i>	2	3	4
<i>sist. de segurança</i>	4	14	22
<i>microondas</i>	1	3	6
<i>computador</i>	1	2	4
<i>impressora</i>	4	5	6
<i>caixa TV a cabo</i>	5	12	25
<i>decod. TV satélite</i>	8	12	18
<i>vídeo game</i>	1	2	3
<i>secretária eletrôn.</i>	2	3	5
<i>telefone s/ fio</i>	2	3	5
<i>televisão</i>	1	5	22
<i>vídeo cassete</i>	1	3	4

**Figura 6.2:** Consumo de aparelhos domésticos em *standby* (Wh/h).

FONTE: (FILHO, 2001)

**Tabela 6.4:** Potência média em 2013

Aparelhos	Pot. media (W)
Som	6,6
Ar Condic.	9
DVD	2,1
Microondas	2,3
Impressora	3,2
TV	6
Video Cassete	4,3
Computador	4,8
TV a cabo	8,2
Video Game	2
Cafeteira Elet.	1,14
Lavad. Roupa	6

FONTE: (TELLES, 2013)

Para um comparativo, a **Tabela 6.4** contém o consumo médio de aparelhos em *standby* do ano de 2013. Nesta última tabela, é possível perceber que enquanto alguns aparelhos diminuíram o consumo médio, outros obtiveram um valor maior.

Contudo, os testes mostraram que o dispositivo proposto pode diminuir o consumo residencial consideravelmente se usado de maneira correta.

### 6.3 CUSTO

A **Tabela 6.5** mostra o custo de cada componente usado para a construção deste protótipo.

**Tabela 6.5:** Custos do projeto

Componente	Preço	Qnt.	Total
Garabee	R\$ 89,25	3	R\$ 267,75
CON-USBEE	R\$ 63,00	1	R\$ 63,00
Relé 6V	R\$ 3,20	8	R\$ 25,60
Capacitor 330nF	R\$ 0,50	2	R\$ 1,00
Capacitor 100nF	R\$ 0,34	2	R\$ 0,68
LM7806	R\$ 1,10	2	R\$ 2,20
LM1117	R\$ 6,00	2	R\$ 12,00
Led	R\$ 0,15	2	R\$ 0,30
Resistores	R\$ 0,12	12	R\$ 1,44
BD139	R\$ 1,50	8	R\$ 12,00
Borne	R\$ 1,50	18	R\$ 27,00
Placa de cobre	R\$ 4,50	2	R\$ 9,00
Impressão	R\$ 1,00	4	R\$ 4,00
Fonte 9V	R\$ 20,00	2	R\$ 40,00
<b>TOTAL</b>			<b>R\$ 465,97</b>

O valor mostrado de R\$ 465,97<sup>5</sup> foi calculado para o controle de 8 pontos diferentes, com 2 módulos roteadores e 1 coordenador, o valor do projeto será maior se for incluído componentes não usados e *proto-board*.

O valor do dispositivo de controle foi bem inferior ao encontrado no mercado, porém ainda pode ser menor a medida que sua fabricação seja feita em grande escala.

### **Perspectivas**

A perspectiva para este trabalho em curto prazo é que se melhore o supervisor, adicionando leitores de estado (ligado/desligado) para um melhor controle, além de melhores cálculos sobre a potência dissipada do dispositivo.

Em médio prazo, a montagem de uma fonte de 9 V que seja pequena para ser integrada ao dispositivo e usar relés de 5 V e outros testes para melhorar a eficiência.

Em longo prazo, testar estes dispositivos em residências para medir o quanto eficaz este dispositivo pode ser na economia de energia elétrica, comparando os meses anteriores com os posteriores ao uso dos mesmos.

---

<sup>5</sup> Janeiro de 2014

## 7. BIBLIOGRAFIA

- ABREU, E. R.; VALIM, P. R. O. Domótica: Controle de Automação Residencial Utilizando Celulares com Bluetooth. **SEGeT**, Resende, RJ, 16 a 18 Outubro 2006. 14f.
- ALIXPRESS. AliXpress, 2014. Disponível em: <<http://pt.aliexpress.com/item/5W-16-Colors-RGB-Multicolored-IR-Remote-Control-LED-Spot-Light-MCL-127-00-F-free/500705314.html>>. Acesso em: 10 Fevereiro 2014.
- BOLZANI, C. A. M. **Residências Inteligentes**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004.
- BOLZANI, C. A. M. **Desmistificando a Domótica**. I Semana da Automação do CEFET-SP. São Paulo, SP: [s.n.]. 2006. p. 4.
- BRUNE, O. CLPs de pequeno porte. **Mecatrônica atual**, v. Ano 4; N 21, Maio 2005.
- CEMIG. **Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária - Rede de Distribuição Aérea - Edificações Individuais**. Belo Horizonte, MG, p. 149. 2012.
- CLIQUEARQUITETURA. **Cliquearquitetura**. Disponível em: <<http://www.cliquearquitetura.com.br/portal/dicas/view/conforto-termico-ar-condicionado-e-climatizador/117>>. Acesso em: 5 Fevereiro 2014.
- DIAS, C. L. D. A.; PIZZOLATO, N. D. **Domótica: Aplicabilidade e Sistemas de Automação Residencial**. CEFET-RJ. CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ, p. 24. 2004.
- DOMINGUES, R. G.; FILHO, A. C. D. P. A Domótica como tendência na habitação. **SIMPGEU**, Maringá, PR, 7 e 8 Novembro 2012. 10.
- ELOY, S. et al. Utilização de domótica na estratégia de sustentabilidade social e ambiental. **1º Congresso Internacional de Habitação no Espaço Lusófono (CD), ISCTE - IUL**, 22-24 Setembro 2010. 19.
- ESCHNER, R. H. **Sistema de Automação Residencial Baseado em Sensores ZigBee**. UFRS. Porto Alegre, RS, p. 38. 2011.
- FARAHANI, S. **ZigBee wireless networks and transceivers**. Burlington, USA: Elsevier, 2008.
- FILHO, A. M. D. S. O Consumo de Energia no Modo Standby. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 5, Outubro 2001.
- GOMES, H. G. L. **Automação Residencial usando tecnologia IEEE 802.15.4 ZigBee**. UniCEUB. Brasília, DF, p. 52. 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira: 2010 / IBGE**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2010.
- LECHETA, L. P. **Sistemas de Iluminação Residencial: Uma análise sobre alternativas para redução do consumo de energia elétrica**. Faculdade Assis Gurgacz. Cascavel, PR, p. 85. 2006.
- LUCENA, C. R. B. S. et al. **Sistema remoto de acionamento residencial**. Instituto de Estudos Superiores da Amazônia. Belém, PA, p. 6.

MECATRÔNICA ATUAL. MecatronicaAtual, 2013. Disponível em:  
<<http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/982-aplicaes-bsicas-para-triacs>>. Acesso em: 19 agosto 2013.

NISKIER, J.; MACINTYRE, A. J. **Instalações Elétricas**. 4. ed. Rio de Janeiro,RJ: LTC Editora, 2000.

QUEBARATO. **Quebarato**, 2014. Disponível em: <[http://sp.quebarato.com.br/sao-paulo/luz-de-emergencia-com-controle-remoto-remoto\\_6C772D.html](http://sp.quebarato.com.br/sao-paulo/luz-de-emergencia-com-controle-remoto-remoto_6C772D.html)>. Acesso em: 10 Fevereiro 2014.

QUINDERÉ, P. R. F. **Casa Inteligente – Um Protótipo de Sistema de Automação Residencial de Baixo Custo**. Faculdade Farias Brito. Fortaleza, CE, p. 69. 2009.

RODRIGUES, A. V. et al. **Estudo de implementação de comando remoto**. Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM. Nazaré – Belém/PA, p. 4.

SANTOS, C. H. F.; SILVA, C. M. **Sistema microcontrolado para acionamento de equipamentos eletrônicos**. INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES DA AMAZÔNIA. Belém, PA, p. 48. 2005.

SANTOS, V. T. B. D. P. **Comunicações em aplicações de Domótica para apoio a pessoas com limitação funcional**. Universidade de Aveiro. Aveiro - POR, p. 99. 2007.

SECRETARIA DE DEFESA SOCIAL. <http://www.itep.rn.gov.br/>, 2013. Disponível em:  
<<http://www.itep.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/itep/servicos/gerados/dicas.asp>>. Acesso em: 20 jul. 2013.

SENA, D. C. S. **Automação Residencial**. UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. Vitória-ES, p. 106. 2005.

SOLIDMATION. **Lista de Precios EXW**. CABA · Argentina. 2013.

SOUZA, M. A. D. **Sistema de Automação Residencial para Iluminação**. UniCEUB. Brasília,DF, p. 78. 2010.

TELLES, F. M. **ESTIMATIVA DO CONSUMO ADVINDO DOS APARELHOS COM STAND BY NOS DOMICÍLIOS BRASILEIROS**. PUC-RIO. Rio de Janeiro, RJ, p. 134. 2013.

TEZA, V. R. **Alguns Aspectos Sobre a Automação Residencial - Domótica**. UFSC. Florianópolis, SC. 2002.

VASQUES, B. L. R. P. et al. ZigBee, 2010. Disponível em:  
<[http://www.gta.ufrj.br/grad/10\\_1/zigbee/padrao.html](http://www.gta.ufrj.br/grad/10_1/zigbee/padrao.html)>. Acesso em: 17 Fevereiro 2014.

VECCHI, H. F.; OGATA, R. J. Domótica: Edifícios inteligentes. Disponível em:  
<<http://www.din.uem.br/ia/intelige/domotica/int.htm#introducao>>. Acesso em: 16 agosto 2013.

## 8. ANEXOS

## ANEXO A

Tabela 8.1: Preços de dispositivos de Domótica

Lista de precios válida a partir del 1 de abril de 2013, vigente por 30 días.

Uso		Código producto	Descripción	Precio sugerido al público
Home automation	Building automation			
X	X	HPA-2130	Interruptor de dos canales de montaje embutido en caja electrica.	USD 220,00
X	X	HPA-2140	Dimmer de dos canales de montaje embutido en caja electrica.	USD 220,00
X	X	HPA-2160	Controlador de led RGB.	USD 250,00
X	X	HPA-2161	Controlador de led de tres canales.	USD 250,00
X	X	HPA-2200	Controlador de cortina de montaje embutido en caja electrica.	USD 220,00
X	X	HPA-2300	Controlador de escenas de montaje embutido en caja electrica.	USD 220,00
X	X	HPA-2400	Interfaz USB.	USD 330,00
X	X	HPA-2410	Sensor de luz.	USD 250,00
X	X	HPA-2411	Sensor de luz y temperatura.	USD 290,00
X	X	HPA-2500-LV	Módulo de 6 entradas y 6 salidas a relay de montaje riel DIN.	USD 400,00
X	X	HPA-2510-LV	Controlador de 2 cortinas + 2 interruptores de montaje riel DIN.	USD 400,00
X	X	HPA-2520-LV	Controlador de cortinas de 3 canales de montaje riel DIN.	USD 400,00
X	X	HPA-2530-LV	Interruptor de 6 canales de montaje riel DIN.	USD 400,00
X	X	HPA-2540-LV	Contador de pulsos de 6 canales de montaje riel DIN.	USD 400,00
X	X	HPA-2601	Módulo para integración con central alarmas DSC. (reemplaza el modelo IT100)	USD 600,00

FONTE: (SOLIDMATION, 2013)

## ANEXO B

**Tabela 8.2:** Listas de Comandos

### Comandos especiais

Comando AT	Categoria Comando	Nome e Descrição	Faixa de valores	Valor Padrão
WR	Especial	<b>Write.</b> Escreve o valor do parâmetro em uma memória não volátil fazendo com que as modificações nos parâmetros continuem mesmo após um reset ou Power-up.	-	-
RF	Especial	<b>Restore-Fábrica.</b> Restaura os valores de fábrica dos parâmetros.	-	-
RE	Especial	<b>Reinicia o módulo.</b>	-	-
RR	Especial	<b>Reinicia o módulo remoto.</b> Caso DA seja 255 reinicia todos os módulos da rede	-	-

### Comandos de Rede

Comando AT	Categoria Comando	Nome e Descrição	Faixa de valores	Valor Padrão
CH	Rede (Endereçamento)	<b>Canal de Operação.</b> Lê/Configura o número do canal de operação utilizado para transmitir e receber mensagens entre os módulos de RF (utiliza os números de canais do protocolo IEEE 802.15.4).	11-26	11
ID	Rede (Endereçamento)	<b>PAN ID.</b> Lê/Configura o PAN ID da rede (Personal Area Network Identification).	1-255	1
DA	Rede (Endereçamento)	<b>Endereço de Destino.</b> Lê/Configura o endereço de destino da mensagem que se deseja. Configurar ATDA 255 ativa o modo broadcast.	0-255	255
SA	Rede (Endereçamento)	<b>Endereço de Fonte.</b> Lê/Configura o endereço de fonte de onde se deseja que parta a mensagem do módulo de RF.	0-254	0
REN	Rede (Endereçamento)	<b>Habilita modo roteamento.</b> Todas as mensagens recebidas, serão retransmitidas caso não seja este módulo o destino.	0-Desabilita 1-Habilita	0
TR	Rede (Endereçamento)	<b>Tempo de Retransmissão.</b> Configura o tempo de retransmissão de uma mensagem com ACK. O valor configurado é sempre múltiplo de 10ms.	10-1000	100
NR	Rede (Endereçamento)	<b>Número de Retransmissões.</b> Configura o número de retransmissões de uma mensagem com ACK.	0-20	5
AE	Rede (Endereçamento)	<b>ACK Enable.</b> Habilita ou desabilita o envio de ACK (mensagem de confirmação de recebimento da mensagem)	0-1	1

## Interface Serial

Comando AT	Categoria Comando	Nome e Descrição	Faixa de Valores	Valor Padrão
BD	Interface Serial	<b>Taxa de Dados da Serial.</b> Lê/Configura o valor da taxa de comunicação entre a porta serial do módulo de RF e o Host. A taxa é alterada somente se for enviado o comando ATWR e Reinicializado o módulo.	0-6 0 = 2400bps 1 = 4800 bps 2 = 9600 bps 3 = 19200 bps 4 = 38400 bps 5 = 57600 bps 6 = 115200 bps	3
RO	Interface Serial	<b>Timeout para empacotamento dos dados.</b> Lê/Configura o tempo de silêncio antes do envio dos dados armazenados no buffer de entrada via RF. Configurando RO = 0 os dados que chegam pela serial são enviados imediatamente. Os dados que estiverem no buffer de entrada serial (para RO>0) são enviados via RF após um time out de RO*10ms quando não receber mais caracteres.	0-100	10

## I/O's

Comando AT	Categoria Comando	Nome e Descrição	Faixa de Valores	Valor Padrão
DOI	Configurações I/O	<b>Configura o estado inicial dos I/Os ao ligar o módulo.</b> Se for enviado 0 todos os pinos estarão em nível lógico baixo, se for enviado 1023 todos os pinos estarão em nível lógico alto.	0-1023	0
CTx y	Configurações I/O	<b>Configuração da funcionalidade do terminal.</b> <b>X</b> – indica o terminal (0 a 9) <b>Y</b> – indica a funcionalidade do terminal 0 - Saída local 1- Entrada local 2- Saída I/O Line Passing 3- Entrada I/O Line Passing 4- Entrada Analógica	x=0 a 9 y=0 a 4	I/O 0 = 4 I/O 1 = 4 I/O 2 = 4 I/O 3 = 4 I/O 4 = 4 I/O 5 = 4 I/O 6 = 0 I/O



				7 = 0 I/O 8 = 0 I/O 9 = 0
MLP	Configurações I/O	<b>Ativa o envio do I/O Line passing por mudança de estado</b> . Colocando em 0 desativa o envio por mudança de estado, colocando em 1 ativa o envio por mudança de estado no pino. Para habilitar o modo I/O line passing é essencial que habilite o ATMLP 1	0-1	0
PLP	Configurações I/O	<b>Ativa o envio do I/O Line passing por modo periódico</b> Habilita o envio do estado do I/O no modo periódico sendo o valor estipulado sendo múltiplo de 10ms. O Modo é desabilitado colocando 65535. Ex1: ATPLP 100 Corresponde ao envio de dados periódicos de Line passing a cada 1 segundo. Ex2 : ATPLP 65535 Desabilita o envio de I/O Linepassing periódico	0 a 65535	0
RLIx	I/O	<b>Leitura local dos I/Os</b> Caso não seja enviado o parâmetro <b>x</b> , será lido todas as entradas. Se <b>x</b> for um parâmetro (entrada) válida, será lido somente esta entrada. Ex1: ATRLI1 Faz a leitura do I/O 1, caso seja uma entrada o módulo retorna o nível lógico dela: ATRLI1 1 OK Caso o I/O 1 não seja entrada a resposta será: ATRLI1 – OK Ex2: ATRLI Faz a leitura de todos os I/O's: ATRLI 1111100000 OK	x=0 a 9	-
WLOx y	I/O	<b>Escreve na saída local.</b> <b>X</b> – indica o I/O <b>Y</b> – indica o estado do I/O Ex1.:ATWLO0 1 Escreve no I/O 0 o nível lógico 1. Ex2.:ATWLO 1023 Escreve 1023 ( 1023 em binário é: 1111111111) em todo o portal DIO.	x=0 a 9 y=0 a 1 / 0 a 1023	-
RLAx	I/O	<b>Lê entrada analógica local</b> Caso não seja enviado o parâmetro <b>x</b> , será lido todas as entradas analógicas. Se <b>x</b> for um parâmetro (entrada) válida, será lido somente esta entrada. Ex1:ATRLA0 Faz a leitura do AD0 caso seja uma entrada analógica o módulo retorna o valor convertido em decimal: ATRLA0 611 OK Caso o AD0 não seja entrada analógica, a resposta será:	x=0 a 5	-

		<p>ATRLA0 – OK</p> <p>Ex2:</p> <p>ATRA</p> <p>Faz a leitura de todas as entradas AD´s:</p> <p>ATRLA ADC0: 612</p> <p>ADC1: 1023</p> <p>ADC2: 0</p> <p>ADC3: 10</p> <p>ADC4: 55</p> <p>ADC5: 20 OK</p>		
RRIx	I/O	<p><b>Lê entrada digital remota</b></p> <p>Caso não seja enviado o parâmetro <b>x</b>, será lido todas as entradas do módulo remoto cujo endereço (SA) seja igual ao DA deste módulo. Se <b>x</b> for um parâmetro (entrada) válida, será lido somente esta entrada.</p> <p>Ex1: ATTRI1</p> <p>Faz a leitura do I/O 1, caso seja uma entrada o módulo retorna o nível lógico dela:</p> <p>ATTRI1 NR:0 1 OK</p> <p>Caso o I/O 1 não seja entrada a resposta será:</p> <p>ATTRI1 NR:0 – OK</p> <p>Ex2: ATTRI</p> <p>Faz a leitura de todos os I/O´s:</p> <p>ATTRI NR:0 1111100000 OK</p> <p>Obs.: caso DA esteja configurado como 255(Broadcast) não será executado nenhuma leitura.</p>	x=0 a 9	-
RRAx	I/O	<p><b>Lê entrada analógica remota</b></p> <p>Caso não seja enviado o parâmetro <b>x</b>, será lido todas as entradas analógicas do módulo remoto cujo endereço (SA) seja igual ao DA deste módulo. Se <b>x</b> for um parâmetro (entrada) válida, será lido somente esta entrada.</p> <p>Ex1: ATRRA0 Faz a leitura do AD0 caso seja uma entrada analógica o módulo retorna o valor convertido em decimal:</p> <p>ATRRA0 NR:0 413 OK</p> <p>Caso o AD0 não seja entrada analógica, a resposta será: ATRRA0 NR:0 – OK</p> <p>Ex2: ATRRA</p> <p>Faz a leitura de todas as entradas AD´s:</p> <p>ATRRA NR:0</p> <p>ADC0: 413</p> <p>ADC1: 1023</p> <p>ADC2: 0</p> <p>ADC3: 100</p> <p>ADC4: 550</p> <p>ADC5: 200 OK</p>	x=0 a 5	-
WROxy		<p><b>Escreve na saída remota</b></p> <p><b>X</b> – indica o I/O</p> <p><b>Y</b> – indica o estado do I/O</p> <p>Ex1.: ATWRO0 1</p> <p>Escreve no I/O 0 o nível lógico 1.</p> <p>Ex2.: ATWRO 1023</p>	x=0 a 9 y=0 – 1 / y=0 a 1023	-

		Escreve 1023 ( 1023 em binário é: 1111111111) em todo o portal DIO.		
--	--	---	--	--

## Diagnósticos de Rede

Comando AT	Categoria Comando	Nome e Descrição	Faixa de Valores	Valor Padrão
NS	Diagnósticos	<b>Nível do Sinal Recebido. Lê o nível de sinal (em %) dos últimos 4 pacotes recebido (RSSI).</b> O valor mostrado será a média desses pacotes.	0 a 100%	-
IND	Diagnósticos	<b>Indicação de Rede</b> – Sinal Recebido – Habilita a indicação de rede por nível de sinal recebido, pode-se ligar um LED a este pino para visualização de status de rede. Status Forma de visualização Sinal Forte – LED ligado Sinal Médio – LED piscando de forma rápida 300 ms Sinal Fraco – LED piscando de forma lenta 800 ms Sem Sinal – LED Apagado	0-Desabilita 1-Habilita	1
BAT	Diagnósticos	<b>Nível de tensão de alimentação.</b> Através deste comando pode-se visualizar o nível de tensão da fonte de alimentação do módulo ou bateria.	-	-
MSE	Diagnósticos	<b>Mensagem de Status do ACK.</b> Habilita a mensagem de Status de uma transmissão com ACK.	0-Desabilita 1-Habilita	1
TN	Diagnósticos	<b>Tempo de Notificação.</b> Configura o tempo de envio de pacote de notificação. Este pacote serve para atualizar as indicações de rede. É Necessário que todos os módulos tenham o mesmo valor configurado. O parâmetro configurado será multiplicado por 10ms. Este pacote é somente enviado caso não haja nenhum fluxo de dados na rede.	50 a 1000	100

## Opções

### de Comandos

Comando AT	Categoria Comando	Nome e Descrição	Faixa de Valores	Valor Padrão
CN	Opções ComandosAT	<b>Finaliza o Modo de Comando.</b> Sai do modo de Comando.	-	-

**Sleep/Relatório**

Comando AT	Categoria Comando	Nome e Descrição	Faixa de Valores	Valor Padrão
MS	Sleep	<b>Modo Sleep.</b> Este comando seleciona se o módulo estará habilitado para operar no modo sleep e de que forma.	0 = desabilitado 1 = habilitado 2 = habilitado e periódico	2
TS	Sleep	<b>Tempo de Sleep.</b> Quando selecionado MS = 2, é habilitado o envio do relatório no modo sleep periódico, sendo o valor múltiplo de 8,45s.	0 a 65535	1
PR	Relatório	<b>Ativa o envio do relatório por modo periódico</b> Habilita o envio do relatório para o destino por modo periódico sendo o valor múltiplo de 10ms. O Modo é desabilitado colocando 65535. Ex1 : ATPR 100 Corresponde ao envio de relatório periódico de a cada 1 segundo Ex2: ATPR 65535 Desabilita o envio do relatório periódico	1 a 65535	65535
MPR	Relatório local	<b>Ativa o relatório local por modo periódico</b> Habilita o envio do relatório local por modo periódico sendo o valor múltiplo de 10ms. O Modo é desabilitado colocando 65535. Ex1: ATMPR 100 Corresponde ao envio de relatório periódico de a cada 1 segundo Ex2: ATMPR 65535 Desabilita o relatório periódico	1 a 65535	65535