

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Faculdade de Tecnologia de Jahu  
Curso Superior de Tecnologia em Informática

## SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO PLATAFORMA ARDUINO

Autores: Odair Kleber Pedro  
Renan Paschoalotti

Orientador: Prof. Icaro Saggioro  
Jahu  
2013

# SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO PLATAFORMA ARDUINO

Autores: Odair Kleber Pedro  
Renan Paschoalotti

Monografia apresentada à  
Faculdade de Tecnologia de Jahu,  
como parte dos requisitos para a  
obtenção do título de Tecnólogo em  
Gestão da Tecnologia da Informação.

Orientador: Prof. Icaro Saggioro

Jahu

2013

Odair Kleber Pedro

Renan Paschoalotti

# SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO A PLATAFORMA ARDUINO

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia de Jahu, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão da Tecnologia da Informação.

Orientador: Prof. Icaro Saggioro

## COMISSÃO EXAMINADORA

---

Prof. \_\_\_\_\_

---

Prof. \_\_\_\_\_

---

Prof. Ms. Icaro Saggioro  
Faculdade de Tecnologia de Jahu

Jahu, \_\_\_\_\_.

PASCHOALOTTI

Dedico este projeto aos meus pais, Junior e Claudia, por toda a paciência, educação, atenção e suporte me apoiando em minhas decisões.

PEDRO

Dedico este trabalho a minha família, que me apoiaram durante as horas despendidas para pesquisas, mesmo sendo ausente deles em momentos de lazer e convívio nesse período.

# AGRADECIMENTOS

## PASCHOALOTTI

Agradeço a Deus pelo discernimento e força durante essa etapa de minha vida.

Agradeço ao orientador Prof. Icaro Saggioro, pela ajuda e confiança em nosso trabalho.

Aos professores que dispuseram seus conhecimentos, tão importantes para a minha formação e também por fazer parte essencial do meu intelecto.

Agradeço ao apoio da minha família nos momentos em que me ausentava para me dedicar aos estudos.

Por fim, agradeço aos amigos cultivados ao longo dessa jornada, pelas experiências compartilhadas e pelas críticas construtivas que me auxiliaram a tomar decisões.

## PEDRO

A Deus, por não ter permitido que eu fraquejasse durante esta etapa para atingir meu objetivo da graduação.

Agradeço ao meu Orientador, Prof. Icaro Saggioro, por ter acreditado no nosso trabalho, pela paciência e por todo o apoio no desenvolvimento da monografia.

Aos meus amigos de faculdade, por toda atenção e conselhos durante a jornada na Faculdade.

Aos meus pais por todo incentivo e criação, por terem acreditados nos meus sonhos e ajudado, na medida do possível, a realizá-los.

E agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para realização deste projeto.

## **RESUMO**

A automação residencial é um mercado emergente e já se tornou realidade em todo o Brasil com soluções interessantes e diferenciadas voltadas aos serviços que utilizam sensores e atuadores, os quais permitem que as aplicações de monitoramento e controle residencial possam ser usadas para o conforto de usuários domésticos. Tendo isso em vista, o desenvolvimento deste projeto tem como objetivo elaborar um protótipo de um sistema de automação residencial composto por um microcontrolador Arduino e um software de gerenciamento com suporte a dispositivos móveis baseado em Android. Este projeto consiste também em demonstrar a viabilidade de soluções de baixo custo para democratizar o acesso a automação residencial.

Palavras Chave: Automação Residencial, microcontrolador Arduino, XBee e ZigBee.

# **ABSTRACT**

The home automation is an emerging market and has already become reality in Brazil with all the interesting and unique solutions geared to services that use sensors and actuators, which allow applications to monitoring and home control can be used to the comforts of home users. Keeping this in view, the development of this project has the objective develop a prototype of a home automation system consists of an Arduino microcontroller and management software with support for mobile devices based on Android. This project also is to demonstrate the viability to low-cost solutions to democratize access to home automation.

Keys-words: Home automation, microcontroller Arduino, XBee and ZigBee.

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Conceito de Internet das Coisas.....	14
Figura 2 – Comparação de um sinal analógico com um sinal digital .....	17
Figura 3 – Sensor de temperatura .....	18
Figura 4 – Sensor de luminosidade .....	18
Figura 5 – Sensor de movimento.....	19
Figura 6 – Modulo Relé.....	20
Figura 7 – Esquema de funcionamento dos relés.....	20
Figura 8 – Estrutura genérica de um Microcontrolador .....	23
Figura 9 – Arquitetura Von-Neumann .....	24
Figura 10 – Arquitetura Harvard .....	24
Figura 11 – Microcontrolador ATMEGA 328 .....	25
Figura 12 – Diagrama de bloco do ATmega 328 .....	26
Figura 13 – Logotipo Arduino.....	27
Figura 14 - Estrutura do Arduino UNO.....	29
Figura 15 – IDE Arduino .....	30
Figura 16 – Comparação do ZigBee com outras tecnologias wireless .....	32
Figura 17 - Placa micro controladora Arduino com o suporte XBee .....	34
Figura 18 - Modelo Conceitual Raspberry Pi .....	35
Figura 19 - Fragmentação da utilização das versões do Android .....	38
Figura 20 - Representação da estrutura do sistema.....	39
Figura 21 - Representação da Camada Arduino .....	43
Figura 22 - Diagrama do Banco de Dados presente no SAR .....	46
Figura 23 - Tela inicial do aplicativo.....	48
Figura 24 - Planta da residência .....	49
Figura 25 - Exibição dos dispositivos disponíveis no cômodo .....	49
Figura 26 - Tela de interação com objetos.....	50
Figura 27 - Tela de configurações do servidor.....	50
Figura 28 - Tela de controle de Arduinos.....	51



# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	11
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	11
1.3	JUSTIFICATIVA.....	12
1.4	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	12
1.5	OBJETIVO .....	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>14</b>
2.1	INTERNET DAS COISAS .....	14
2.1.1	História.....	15
2.2	AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL .....	15
2.2.1	Contexto Histórico .....	15
2.2.2	Conceito.....	16
2.3	SENSORES .....	17
2.3.1	Sensores Analógicos .....	18
2.3.2	Sensores Digitais .....	18
2.4	ATUADORES.....	19
2.4.1	Relés .....	19
2.5	FUNCIONALIDADES E USABILIDADE .....	20
2.5.1	Iluminação .....	21
2.5.2	Climatização .....	21
2.6	SEGURANÇA .....	22
2.7	MICROCONTROLADORES .....	22
2.7.1	Arquitetura .....	24
2.7.2	Microcontrolador Atmega 328.....	25
2.7.2.1	Características .....	25
2.8	PLATAFORMA ARDUINO .....	27
2.8.1	Placa Arduino .....	28
2.8.2	IDE Arduino .....	29
2.9	ZIGBEE.....	30

2.9.1	XBEE .....	33
2.10	RASPBERRY PI .....	34
2.10.1	Especificações Técnicas.....	35
2.10.2	Sistema operacional .....	36
2.11	ANDROID.....	37
2.11.1	Estatísticas de Utilização .....	38
<b>3</b>	<b>SOLUÇÃO PROPOSTA .....</b>	<b>39</b>
3.1	APRESENTAÇÃO GERAL .....	39
3.2	REQUISITOS.....	40
3.2.1	Requisitos Funcionais.....	40
3.2.2	Requisitos não Funcionais.....	41
3.3	PROJETO DA SOLUÇÃO.....	41
3.3.1	Camada Arduino.....	41
3.3.1.1	Sensação e Atuação .....	42
3.3.1.2	Relatório.....	42
3.3.1.3	Arquitetura.....	43
3.3.1.4	Integração do Arduino com o SAR.....	44
3.3.2	Servidor de Automação Residencial (SAR) .....	44
3.3.2.1	Gerenciamento.....	45
3.3.2.2	Escalabilidade.....	46
3.3.3	Camada Android.....	47
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>52</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

O estudo está organizado como segue. O primeiro capítulo refere-se à introdução, enfatizando a contextualização, aplicações em potencial, a estrutura do trabalho e sua justificativa, explicando quais os motivos que levaram a elaboração do mesmo.

No capítulo 2, procede-se a um referencial teórico acerca de conceitos das tecnologias Android e Arduino, sobre os padrões ZigBee e XBee e uma descrição dos componentes que compõe o projeto.

Em seguida, o capítulo 3 descreve a metodologia empregada no desenvolvimento do projeto proposto, incluindo a arquitetura geral deste projeto, ferramentas utilizadas, assim como os procedimentos adotados

Por fim, o último capítulo apresenta as conclusões do trabalho.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Esta monografia consiste no estudo, elaboração e desenvolvimento do escopo de um projeto de automação residencial utilizando o microcontrolador Arduino, o modulo de rede sem fio XBee e a plataforma Android.

Não faz parte do escopo desenvolver um protótipo ou um sistema real, mas sim demonstrar a facilidade de se trabalhar com o modulo Arduino e as vantagens que esta ferramenta tem a oferecer, tendo como principal objetivo propor um projeto de automação residencial de baixo custo.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, com o avanço contínuo da tecnologia, é cada vez mais comum a presença da internet, computadores, tablets e smartphones em nosso dia-a-dia. Com a familiarização da sociedade com essas tecnologias, surgem muitas possibilidades no desenvolvimento de ferramentas e aplicações que possam facilitar e auxiliar na realização de tarefas cotidianas.

O mercado atual oferece diversas opções à automação residencial, mas por ser uma área relativamente pouco difundida no Brasil as soluções ainda são um tanto complexas e seus custos ainda são bastante elevados. Este projeto tem a ideia de desenvolver uma alternativa flexível, com o objetivo de desmistificar a ideia de que a automação residencial não é uma tecnologia palpável, permitindo ao usuário com conhecimento básico de lógica configurar e instalar os módulos a um custo acessível.

### 1.4 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Atualmente a maneira habitual de interagir com um componente eletrônico residencial é através do uso de um interruptor, como por exemplo uma luz de um cômodo. Porém esse procedimento exige locomoção e até mesmo a necessidade de estar no mesmo cômodo do componente, uma característica que pode causar certos incômodos.

E hoje em dia com a invasão da internet, tablets e smartphones, por que não utilizarmos essas tecnologias para realizar de maneira inovadora e principalmente acessível a automação de nossas residências?

## 1.5 OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver o protótipo de um sistema de automação residencial de baixo custo e de fácil configuração, que seja capaz de tomar decisões de maneira autônoma, visando aumentar a comodidade e a segurança dos usuários.

Desta forma objetivou-se a construção de uma solução eficiente, e para tanto, serão utilizadas tecnologias open source. O controle poderá ser feito através de uma interface móvel que irá estabelecer uma comunicação com o servidor central da residência ligados a seus periféricos de controle.

Alguns exemplos possíveis de interação seriam: ligar luzes, acionar equipamentos, entre outras funcionalidades que estejam ligadas na rede elétrica e implementadas com sensores e atuadores.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Desenvolvimento de uma arquitetura para a implementação física do projeto, utilizando um micro controlador Arduino;
- Implementar as funcionalidades de comunicação entre o computador e o hardware através de uma interface móvel Android;
- Utilizar ferramentas livres, como software e hardware open source, para garantir o baixo custo do projeto;
- Adequação de aplicativos Android voltados a automação residencial para que ele interprete de forma correta os comandos enviados;
- Determinar a infraestrutura necessária para a realização da automação, seus dispositivos e software de controle, cuja meta é garantir ao usuário a possibilidade de acesso e de controle do ambiente automatizado;

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 INTERNET DAS COISAS

Engana-se quem acredita que atualmente os computadores, smartphones e tablets são os únicos objetos capazes de se conectar à internet e realizar troca de dados. Hoje, quase tudo ao nosso redor pode ser capaz de interagir com outras máquinas, como: geladeiras, automóveis, TVs e etc. E essa é exatamente a ideia por trás da Internet das Coisas (Internet of Things - IoT), um cenário em que existe a capacidade de interação e troca de dados entre objetos, animais e pessoas de forma automática, sem a necessidade de interação humana, como mostra a figura 1.

A Internet das Coisas está presente em uma pessoa com um implante de monitor cardíaco, um animal de fazenda com um chip identificador, um automóvel que foi construído com sensores para alertar o condutor quando a pressão dos pneus é baixa, ou qualquer outro ou objeto desenvolvido pelo homem que possa ser atribuído um endereço IP e transferir dados através de uma rede, ou qualquer outro dispositivo capaz de enviar e receber dados através de uma conexão sem fio, como Bluetooth ou RFID.

**Figura 1 – Conceito de Internet das Coisas**

**Fonte:** <http://blog.eyllo.com/blog/top-5-18/>



### **2.1.1 História**

O primeiro aparelho a utilizar seu conceito de Internet das Coisas foi uma máquina de Coca-Cola na Universidade Carnegie Melon no início da década de 80, que possuía a funcionalidade de verificar, através da internet, se havia refrigerante gelado ou não na máquina.

Apesar da Internet das Coisas estar em desenvolvimento há algumas décadas, ela foi nomeada dessa forma somente em 1999 por Kevin Ashton, co-fundador e diretor executivo do Centro de Auto-ID. Desde então, as empresas de tecnologia de todo o planeta vem tentando desenvolver novas maneiras de ligar a Internet com objetos físicos (MARGARET, 2013).

Atualmente, existem mais de 12 bilhões de dispositivos que podem se conectar à Internet. Estima-se que em 2015 esse número aumente para 25 bilhões, saltando para 50 bilhões em 2020, quase sete vezes o número de pessoas no planeta (BROOKS, 2013).

## **2.2 AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL**

### **2.2.1 Contexto Histórico**

A história da evolução residencial teve seu marco quando surgiu a eletricidade. O modo como elas passaram a ser iluminadas foi uma transformação, possibilitando a partir deste momento, o desenvolvimento de novas tecnologias que transformaram o jeito que vivemos.

A década de 70 é considerada um passo importante na história da automação, quando são lançados nos EUA os primeiros módulos inteligentes de automação, os chamados X-10, uma linguagem de comunicação que permite que produtos compatíveis se comuniquem entre si através da linha elétrica existente.

Já na década de 80, com o desenvolvimento da informática pessoal com interfaces amigáveis e operações extremamente fáceis, criou-se novas possibilidades de automação residencial.

Outra transformação na evolução das residências automatizadas aconteceu graças ao telefone. No começo eram aparelhos fixos e transmitiam apenas a voz. Porém, no final da década de 90, a evolução de sua mobilidade e tecnologia possibilitou a capacidade de enviar e receber dados de forma eficaz, chegando aos dispositivos móveis.

Essas funcionalidades são comparadas, por muitas vezes, ao computador com um sistema operacional. Um exemplo desta evolução são os smartphones que usam o Android, com uma interface intuitiva a um custo acessível.

“Os dispositivos móveis oferecem uma conectividade que outros dispositivos não possuem. A tendência é que o desenvolvimento de aplicações para os dispositivos móveis aumente significativamente em poucos anos.” (DEPINÉ, 2002).

O impulso tecnológico pelo qual se deve a popularização da internet e do celular inspirou muitas ideias, inclusive a automatização residencial com a integração destes serviços de modo eficiente, acessível e inteligente.

### **2.2.2 Conceito**

A automação é considerada qualquer sistema apoiado em computadores que vise substituir tarefas de trabalho humano e/ou que vise soluções rápidas e econômicas para as indústrias e os serviços modernos (CASTRUCCI & BOTTURA, 2006).

A Automação Residencial se fundamenta na integração dos sistemas constituintes de uma residência, como por exemplo seus eletrodomésticos, equipamentos de áudio, vídeo e informática, persianas, portões e portas automáticas, dentre outros, que são os sistemas autônomos, presentes hoje em dia nas residências. Dessa forma, o termo Automação Residencial, também denominada Automação Doméstica ou Domótica, representa a utilização de processos automatizados em casas, apartamentos e escritórios (BOLZANI, 2004).



## 2.3 SENSORES

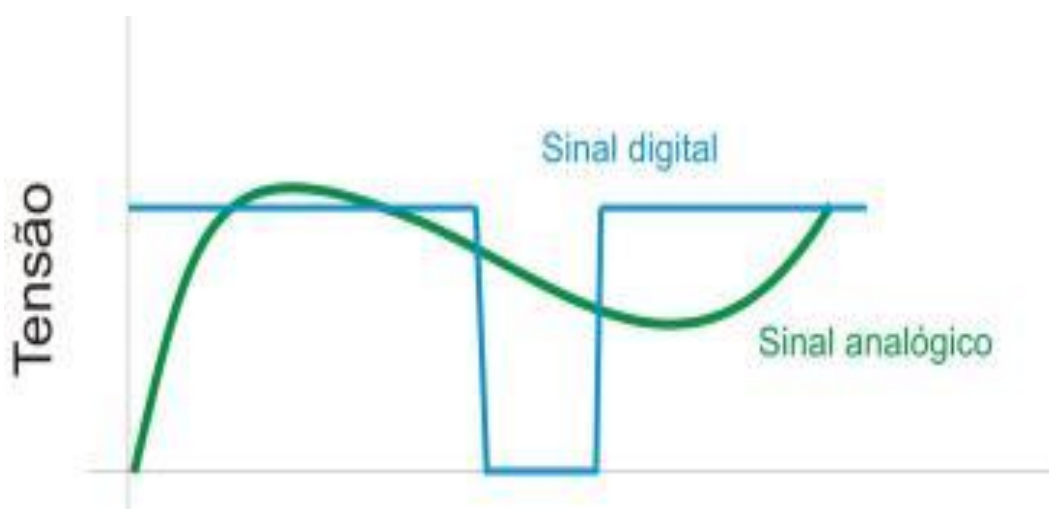
Sensores são dispositivos que convertem sinais físicos em sinais elétricos, são altamente sensíveis a alguma forma de energia. Dentre as possíveis formas de energia pode-se citar: luminosa, térmica, cinética, dentre outras. Os sensores relacionam as informações captadas com alguma unidade de grandeza física, medida como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição e etc. (WENDLING, 2010).

Um sensor nem sempre precisa ter as características elétricas necessárias para ser utilizado em um sistema de controle. Muitas vezes o sinal de saída deve ser manipulado antes de sua leitura pelo sistema controlador, isso acontece devido a um circuito de interface para produção de um sinal que possa ser lido pelo controlador (WENDLING, 2010).

Apesar de existir uma imensa variedade de sensores eletrônicos, podemos dividi-los basicamente em dois tipos: sensores analógicos e sensores digitais. Essa divisão é feita de acordo com a forma a qual o componente responde a variação da condição. Baseando-se em sinais digitais e sinais analógicos, como mostra a figura 2. (PATSKO, 2006).

**Figura 2 – Comparação de um sinal analógico com um sinal digital**

**Fonte: PATSKO, 2006**



### 2.3.1 Sensores Analógicos

Esse tipo de sensor pode assumir qualquer valor em seu sinal de saída ao longo do tempo, desde que o sinal permaneça dentro de sua faixa de operação. Esses valores são mensurados por elementos sensíveis com circuitos eletrônicos não digitais (WENDLING, 2010). Exemplos:

**Figura 3 – Sensor de temperatura**

Fonte: <http://www.webtronico.com/sensor-de-temperatura-ds18b20.html>



**Figura 4 – Sensor de luminosidade**

Fonte: <http://www.webtronico.com/ldr-5mm-sensor-de-luminosidade.html>



### 2.3.2 Sensores Digitais

Esse tipo de sensor por assumir apenas dois valores no seu sinal de saída ao longo do tempo, que podem ser interpretados como zero e um (binário).

Não existem grandezas físicas que assumam esses valores, mas eles são mostrados após serem interpretados por um circuito eletrônico (WENDLING, 2010).

Exemplo:

**Figura 5 – Sensor de movimento**

Fonte: <http://www.huinfinito.com.br/sensores/22-modulo-sensor-de-movimento.html>



## 2.4 ATUADORES

Atuador é um elemento que produz movimento, atendendo a comandos que podem ser manuais ou automáticos, ou seja, qualquer elemento que realize um comando recebido de outro dispositivo, com base em uma entrada ou critério a ser seguido (BRUGNARI; MAESTRELLI, 2010).

Ao inverso de um sensor, um atuador transforma um sinal elétrico em grandeza física, movimento, calor e etc.

### 2.4.1 Relés

Como exemplo de um atuador podemos citar os relés, um dispositivo eletromecânico que funciona com pequenas correntes, mas é capaz de controlar circuitos externos que envolvem correntes elevadas, e é formado basicamente por uma bobina e um conjunto de contatos (SAUTO, 2004). Exemplo:

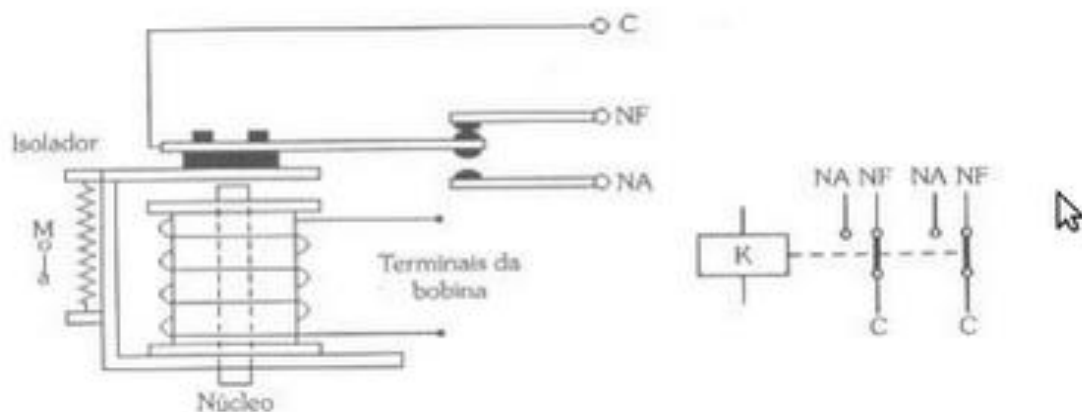
**Figura 6 – Modulo Relé**

Fonte: <http://www.arduinoecia.com.br/2013/02/modulo-rele-arduino.html>



**Figura 7 – Esquema de funcionamento dos relés**

Fonte: SOUTO, 2004



Quando uma corrente circula pela bobina cria um campo magnético que atrai, abrindo ou fechando os contatos, permanecendo assim enquanto houver alimentação de energia na bobina, permitindo assim a passagem ou não, de energia através do relé (SOUTO, 2004).

## 2.5 FUNCIONALIDADES E USABILIDADE

Atualmente no mercado de automação existem produtos com diferentes níveis de complexidade, definindo assim um preço elevado. Muito se fala sobre novidades e tendências que poderão surgir no futuro, porém, nenhuma solução flexível e com um custo baixo foi apresentada até então.

Nas condições do ambiente atual uma casa inteligente pode apresentar diversos subsistemas, que podem ser integrados e ter um controle unificado. Tudo isso devido a evolução de produtos e equipamentos eletrônicos.

A seguir, listam-se alguns dispositivos que podem ser automatizados no ambiente residencial que estão dentre os mais empregados no âmbito da automação.

### **2.5.1 Iluminação**

Algumas tecnologias automatizadas de iluminação residencial já se tornaram indispensáveis em alguns ambientes, como as presentes em casas e empresas.

Esse tipo de controle pode oferecer várias opções a uma residência, podendo trabalhar em paralelo com sistemas de entretenimento proporcionando a intensidade de iluminação devida a determinada atividade, como ler um livro, assistir um filme, criar um clima especial, romântico ou festivo.

Outras soluções possibilitam uma economia de eletricidade quando ligado a um sistema de detecção de presença ou controle de intensidade, pois as lâmpadas não precisam ficar totalmente acessas. Outra vantagem é a proteção de uma casa, simulando a presença de pessoas na ausência de seus proprietários.

Sistemas de iluminação com linguagem avançada, ainda podem permitir que lâmpadas sejam acessas quando a luz solar for insuficiente ou conforme um horário determinado.

### **2.5.2 Climatização**

Na área de climatização, os sistemas devem oferecer a temperatura ideal de acordo com a temperatura ambiente, para assim, se tornar um sistema confiável e preciso no controle de temperatura. Eles atuam ligando ou desligando de forma automática aquecedores e condicionadores de ar através da coleta de fatores externos ou por um determinado comando.

Geralmente controlados por termostatos, os sistemas de climatização propõem níveis de temperatura para o frio e o calor e possuem uma programação horária automática para obter seu desempenho máximo.

## 2.6 SEGURANÇA

Na automação residencial a instalação de equipamentos de vigilância e de monitoração eletrônica é um dos pontos fundamentais desse sistema, estando presente desde trancas ou travas até sistema de monitoramento de câmeras e sensores de movimento.

O sistema de monitoramento fica integrado a central de controle, podendo ser visualizada a distância, e pode conter sensores de presença, acionamento de portões, alarmes e outras funções que podem ser acessadas pela internet.

## 2.7 MICROCONTROLADORES

Os microcontroladores estão presentes em quase tudo o que envolve a Eletrônica atualmente, diminuindo o tamanho, facilitando a manutenção e gerenciando tarefas internas de aparelhos eletroeletrônicos (MARTINS, 2005).

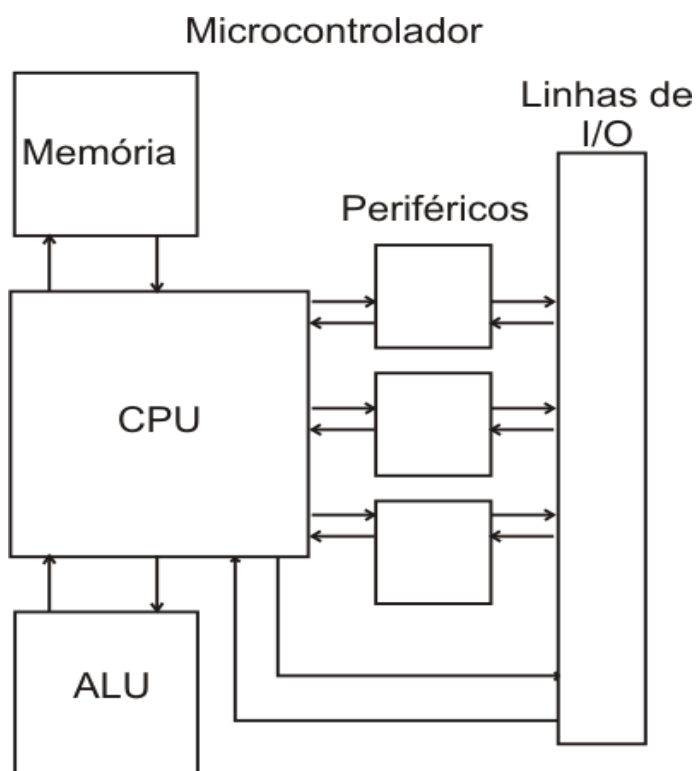
Um microcontrolador pode efetuar várias funções que necessitariam de um grande número de outros componentes. Assim, aprender a programar microcontroladores significa “aprender a resumir circuitos em um único componente”. Para suprir exigências de projetos, existe uma ampla gama de microcontroladores da série PIC disponíveis no mercado, diferenciando-se pelo número de linhas de entradas/saídas (I/O – Input/Output) e pelos recursos de periféricos do dispositivo (MARTINS, 2005).

Por meio da abordagem dos aspectos teóricos e práticos de microcontroladores, é possível desenvolver projetos e implementações de sistemas microcontrolados de pequeno e médio portes. Além disso, possibilita ao desenvolvedor usar criatividade e imaginação para desenvolver novos projetos de hardware e software (MARTINS, 2005).

Os microcontroladores são basicamente iguais aos microprocessadores, mas a diferença está a integração dos periféricos, como memória de programa, memória de dados, conversores ADs, circuito de clock, entre outros (LIMA, 2010). Como exemplo a figura 8.

**Figura 8 – Estrutura genérica de um Microcontrolador**

Fonte: [http://www.arnerobotics.com.br/eletronica/Microcontrolador\\_PIC\\_teor\\_1.htm](http://www.arnerobotics.com.br/eletronica/Microcontrolador_PIC_teor_1.htm)



CPU (Unidade de processamento central) - É o “cérebro” do microcontrolador, é o responsável por todo seu processamento. Efetua a interpretação dos comando, leitura de dados e ativações das portas de entrada e saída (portas I/O's).

ALU (Unidade de lógica e aritmética) – Unidade responsável pela execução de todos os cálculos que envolvam registros e ou lógica para tomada de decisões. Esta unidade é controlada pelo microcontrolador.

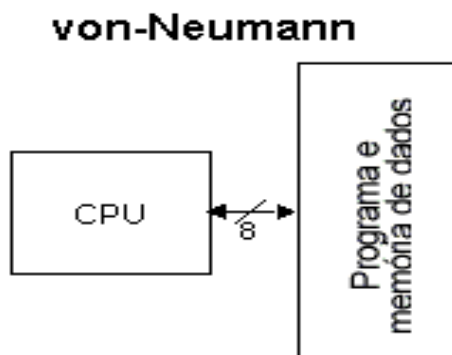
I/O's (Portas de entrada e saída de dados) - As portas I/O são responsáveis pela troca de dados entre o microcontrolador e o ambiente externo, recebendo e enviando informações.

### 2.7.1 Arquitetura

Além da estrutura genérica citada anteriormente, os microcontroladores podem ser divididos em duas arquiteturas: Arquitetura Von-Neumann, onde o microcontrolador utiliza o mesmo barramento, tanto para fazer a busca de instruções na memória do programa quanto para acessar a memória de dados. E arquitetura Harvard, onde o microcontrolador utiliza barramentos distintos, um para acesso a memória do programa e outro para acesso a memória de dados (MARTINS, 2005).

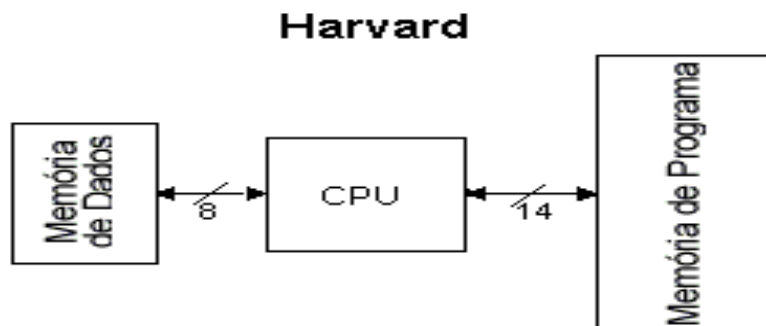
**Figura 9 – Arquitetura Von-Neumann**

Fonte: <http://sdacmfernandes.blogspot.com.br/2010/10/arquitetura-de-von-neumann>



**Figura 10 – Arquitetura Harvard**

Fonte: <http://sdacmfernandes.blogspot.com.br/2010/10/arquitetura-de-von-neumann-vs.html>





Ambas as arquiteturas se diferenciam pelo processamento de suas instruções. Na arquitetura Von-Neumann é utilizado um conjunto complexo de instruções (CISC - Complex instructions set Computer). Enquanto a arquitetura Harvard emprega um conjunto de instruções simples sendo capaz de executar uma instrução por ciclo de máquina (RISC – Reduced Instruction Set Computer) (LIMA, 2010).

### 2.7.2 Microcontrolador Atmega 328

O ATMEGA é o microcontrolador presente na maioria dos modelos de Arduino. Fabricado pela empresa ATMEL, possui vários modelos, sendo um dos mais comuns o modelo ATMEGA 328. Exemplo:

**Figura 11 – Microcontrolador ATMEGA 328**

**Fonte: ATMEL, 2013**



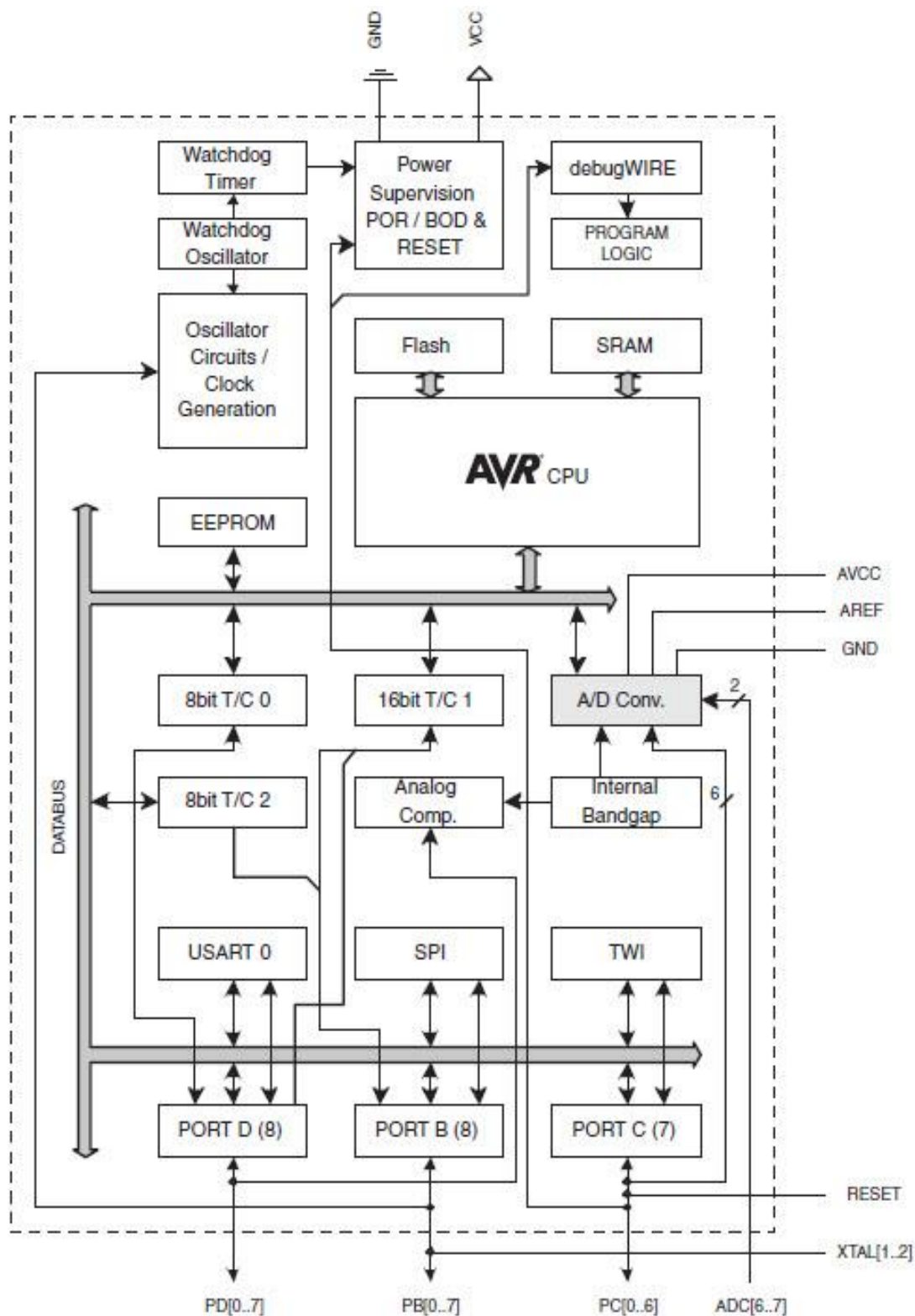
#### 2.7.2.1 Características

- Alto desempenho, processador de 8 bits.
- Possui arquitetura AVR RISC.
- 131 instruções, sendo executadas em um ciclo de clock.
- Operação de até 20 MIPS (milhões de instruções por segundo) a 20 MHz.
- Multiplicador por hardware em 2 ciclos.
- Pinos totais 28/32.
- 23 pinos de entrada e saída.
- 32 Bytes de memória flash.
- 1 KByte de memória EEPROM.
- 2 KBytes de memória SRAM.

(ATMEL, 2013).

Figura 12 – Diagrama de bloco do ATmega 328

Fonte: ATEMEL, 2013



## 2.8 PLATAFORMA ARDUINO

Arduino é uma plataforma *open source hardware* composta por duas partes, primeiramente pela placa Arduino, que é componente físico (hardware), e pela IDE Arduino™ que é interface (software) utilizada para desenvolver e programar rotinas que serão executadas na placa Arduino (BANZI 2008).

O Arduino foi desenvolvido na Itália em meados de 2005. A equipe responsável pela criação e manutenção do projeto (Arduino Team) é composta por Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis. A ideia por trás do projeto é ter um sistema que permita o desenvolvimento ágil de circuitos, ajudando iniciantes em eletrônica no aprendizado. Por ser open source hardware o Arduino™ oferece hardware e software bem flexíveis, ou seja, os códigos fonte do Arduino™ ou os esquemáticos ficam disponíveis para que qualquer pessoa possa modificá-lo de acordo com sua problemática, sem nenhuma cobrança de direitos autorais. Permitindo a criação de novos módulos (*Shields*) mais focados em uma determinada situação ou necessidade, como por exemplo o Shield XBee utilizado em comunicações sem-fio, que será melhor detalhado posteriormente.

O Arduino foi escolhido para esta solução devido facilidade e agilidade que essa plataforma pode oferecer durante o desenvolvimento de um aplicação ou ferramenta. Com a utilização da plataforma Arduino, a programação de circuitos eletrônicos assemelha-se muito ao desenvolvimento de softwares e aplicações comuns, permitindo que o desenvolvedor possua somente um breve conhecimento em eletrônica.

**Figura 13 – Logotipo Arduino**

**Fonte:** [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arduino\\_Logo.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arduino_Logo.svg)



### 2.8.1 Placa Arduino

A placa Arduino é a parte física da plataforma. Baseada em uma placa de circuitos contendo um microcontrolador ligado com diversos componentes eletrônicos, como por exemplo: capacitores, transistores, chip de conversão serial e etc. O microcontrolador presente no Arduino possui também um BootLoader, ou seja, o software responsável por inicializar e executar o código inserido pelo programador.

Em geral, as placas Arduino utilizam o microcontrolador da série ATmega Atmel® AVR. Mas por se tratar de uma plataforma *open source hardware* podem haver modelos de placas não oficiais que utilizam microcontroladores de séries ou modelos diferentes (MELLIS, 2009).

Para interagir com outros componentes, capturando e transmitindo informações, o Arduino portas (pinos) digitais e analógicos. A quantidade de portas que uma placa Arduino possui varia de acordo com a quantidade de pinos disponíveis do microcontrolador utilizado. Um Arduino que utiliza um microcontrolador ATmega1280, por exemplo, disponibiliza um total de 54 portas digitais e 16 portas analógicas. Enquanto um Arduino que utilizado um microcontrolador ATmega328 disponibiliza apenas 14 portas digitais e 6 portas analógicas.

As portas de entrada analógica são responsáveis por recepcionar de dados analógicos (geralmente de sensores). E a partir disso o microcontrolador é o responsável por interpretar essa informação e converte-la em um valor entre 0 e 1023 (BANZI, 2008).

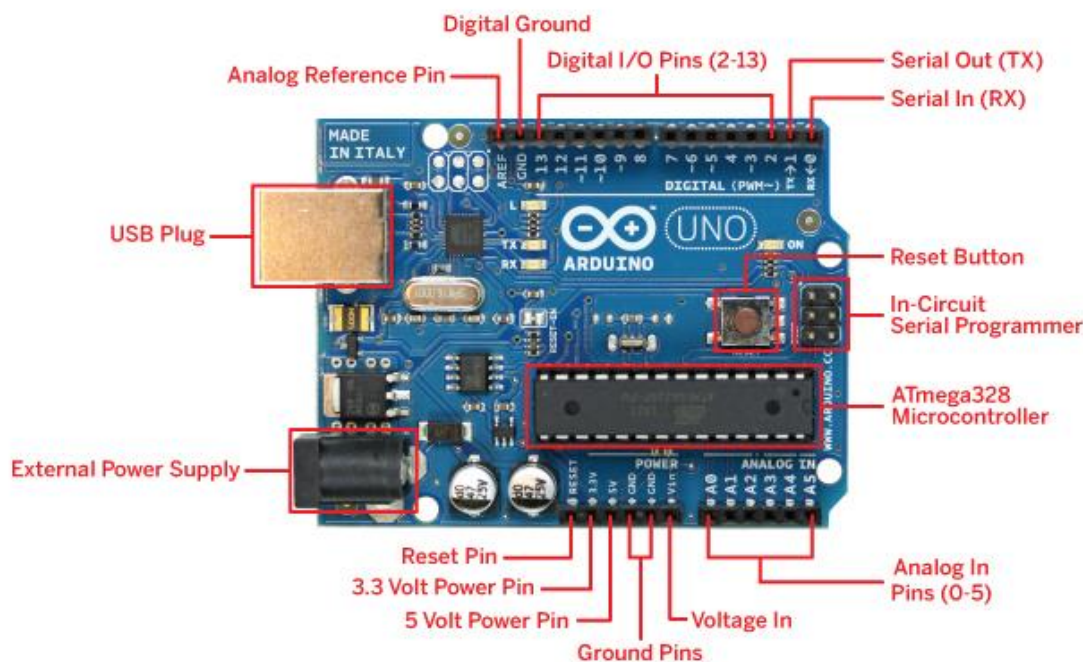
As portas de saída analógicas possuem PWM, com podem ser utilizadas para envio de sinais analógicos controlando a intensidade do sinal transmitido.

A utilização das portas digitais do Arduino é definida no código desenvolvido pelo programador, podem ser utilizadas para entrada e saída de dados, pulsos de energia e etc. Dentre as portas digitais, duas são integralmente dedicadas a comunicação serial, ligadas as portas Rx e Tx do microcontrolador, possibilitando a comunicação com um computador ou um SAR (Servidor de Automação Residencial). Comumente essa comunicação é realizada através de USB, mas também pode ser realizada através de módulos bluetooth, wireless e ethernet.

Um dos modelos mais populares é o Arduino UNO, utilizando um microcontrolador ATmega328 ele possui um clock de 16MHz, 14 portas digitais e 6 portas analógicas de acordo com a figura 14.

**Figura 14 - Estrutura do Arduino UNO**

Fonte: <http://www.arduino.org.br/2011/01/uno/>



### 2.8.2 IDE Arduino

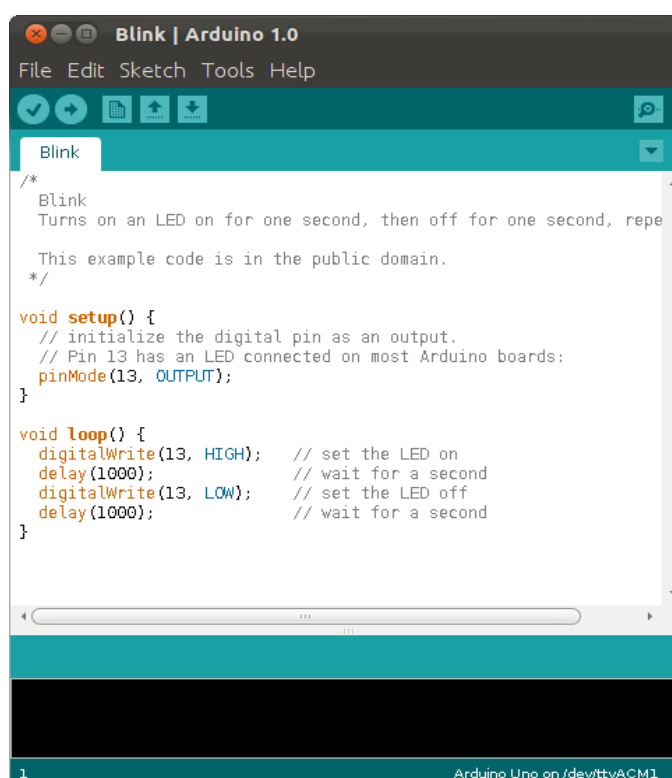
A IDE (Integrated Development Environment) Arduino é um software multiplataforma escrito em Java que permite desenvolver os programas que serão executados no hardware (Placa Arduino). Desenvolvida pela mesma equipe responsável pelo hardware, A IDE também segue o princípio de open-source.

Com uma linguagem de programação própria, derivada de C/C++. O editor inclui também alguns recursos de desenvolvimento como realce de sintaxe e identificação automática. Dentro da IDE também existe um compilador que realiza validações léxicas, sintáticas e semânticas no código escrito sinalizando possíveis erros.

Os arquivos de códigos fonte gerados pelo Arduino são denominados *sketchs* e podem possuir em média um tamanho máximo de 32256 bytes (variando de acordo com o modelo da placa Arduino). A partir da própria IDE Arduino é feito o upload dos *sketchs* via porta serial. Nesse processo os *sketchs* são convertidos em assembly e transferidos para a placa Arduino, como mostra a figura 15.

**Figura 15 – IDE Arduino**

Fonte: <http://blog.justen.eng.br/2011/08/arduino-compile-e-upload-terminal.html>



## 2.9 ZIGBEE

A comunicação por redes sem fio surgiu como uma evolução à utilização de redes cabeadas. A mobilidade e a não necessidade de cabos de conexão foram fatores que contribuíram para sua grande popularização. Porém, ainda existia a necessidade de tecnologias específicas para redes sem fio que não necessitassem de altas taxas de transmissão e que possibilitassem uma economia de energia nos transmissores.

Essa necessidade fez com que o padrão ZigBee tenha sido desenvolvido para se tornar uma alternativa de comunicação em redes que não necessitem de soluções complexas para seu controle, barateando assim os custos com a aquisição, instalação de equipamentos, manutenção e mão de obra. Trata-se de uma tecnologia relativamente simples, que utiliza um protocolo de pacotes de dados com características específicas, sendo projetado para oferecer flexibilidade quanto aos tipos de dispositivos que pode controlar. (EUZÉBIO & MELLO, 2011)

Ele é um protocolo voltado para as redes pessoais sem fio de baixa taxa de transmissão (LR-WPAN) e, por isso, é ideal para aplicações que utilizem sensores de automação residencial.

O ZigBee foi construído sobre a base descrita pelo padrão IEEE 802.15.4 (IEEE, 2006) - que define as WPANs - adicionando as camadas de rede (NWK), suporte à aplicação (APS) e aplicação (AF) sobre as camadas física (PHY) e de controle de acesso ao meio (MAC) já existentes. Essas camadas adicionais agregam funcionalidades ao protocolo como capacidade de roteamento e segurança ao conteúdo das mensagens, além de possibilitar que as fabricantes e os usuário implementem as suas próprias aplicações nos dispositivos que utilizem ZigBee. (EUZÉBIO & MELLO, 2011)

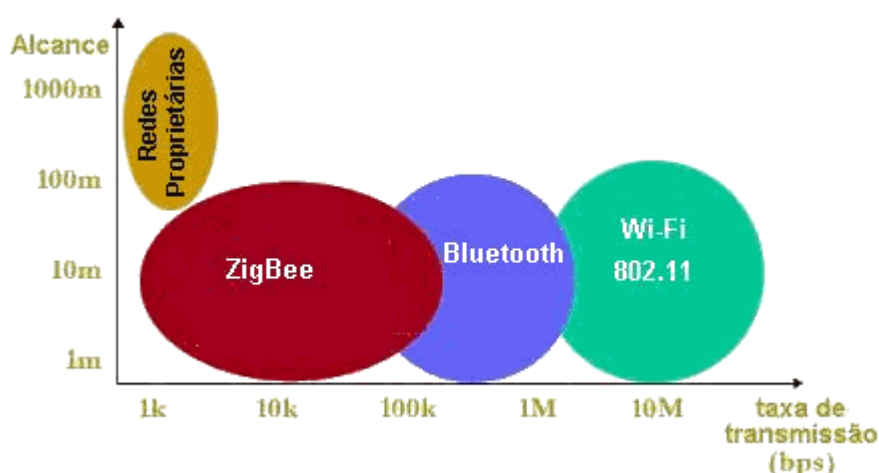
Na rede ZigBee um dispositivo pode assumir três papéis: roteador, coordenador e end-device. Os roteadores são dispositivos que além de enviar e receber mensagens, podem encaminhar mensagens destinadas à outros dispositivos. Numa rede ZigBee sempre deve haver um único dispositivo roteador configurado como coordenador. Esses dispositivos tem as mesmas características dos roteadores, porém, exercem tarefas extras como o gerenciamento de inclusão/exclusão de dispositivos na rede. Já os end-devices são sempre a origem ou o destino das mensagens não podendo encaminhá-las. (EUZÉBIO & MELLO, 2011)

Os dispositivos de uma rede ZigBee podem ser dispostos para formas topologias em forma de estrela, árvore ou malha. A topologia em árvore é formada por um dispositivo coordenador no centro e diversos end-devices, nessa formação todas as mensagens passarão pelo coordenador para chegar ao seu destino.

A topologia em árvore funciona como se fosse uma série de redes em forma de estrela interliga-das. Na topologia em malha os dispositivos do núcleo da rede têm a função de roteador e com esta é possível alcançar longas distâncias nas transmissão das mensagens apenas encaminhando-as pelos dispositivo até que chegue ao seu destino. Essa capacidade de extensão da rede torna o ZigBee vantajoso frente a outras tecnologias de transmissão sem fio que também possuem baixa taxa de transmissão como o Bluetooth (BLUETOOTH, 1998).

**Figura 16 – Comparação do ZigBee com outras tecnologias wireless**

Fonte: [http://www.projetoederedes.com.br/artigos/artigo\\_zigbee.php](http://www.projetoederedes.com.br/artigos/artigo_zigbee.php)



O ZigBee possui diversas maneiras de garantir a segurança na troca de mensagens, entre elas está a criptografia, que tem como objetivo evitar que as informações transmitidas sejam legíveis a intrusos na rede. Outra característica interessante do ZigBee é a economia de energia diante da baixa taxa de transmissão aliada a capacidade dos dispositivos configurados como end-devices poderem hibernar por certos períodos de tempo. Tais características permitem que esses dispositivos sejam alimentados até por baterias.

O padrão ZigBee adotou a proposta de um novo algoritmo de segurança, baseado na simplificação do algoritmo de roteamento AODV (Ad-hoc On-demand Distance Vector). Esta proposta foi adotada como parte da especificação IEEE 802.15.4.



### 2.9.1 XBEE

Para controlar os dispositivos da residência são necessários módulos capazes de interpretar a informação e executá-la. A comunicação entre os controladores se faz pelo protocolo ZigBee, para qual foram empregados módulos Xbee.

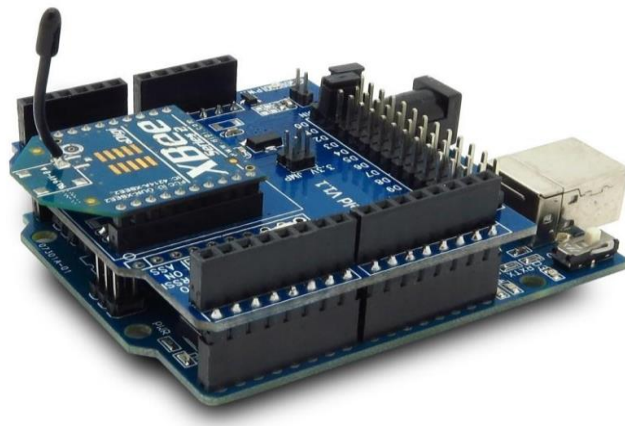
Abaixo, segue algumas especificações técnicas do módulo xBee:

- **Performance**
  - Rendimento da Potência de saída: 1 mW (0 dBm);
  - Alcance em ambientes internos/zonas urbanas: 30m;
  - Alcance de RF em linha visível para ambientes externos: 100m;
  - Sensibilidade do receptor: -92 dBm;
  - Frequência de operação: ISM 2.4 GHz;
  - Taxa de dados de RF: 250.000 bps;
  - Taxa de dados da Interface (Data Rate): 115.200 bps;
- **Alimentação:**
  - Tensão de alimentação: 2.8 à 3.4V;
  - Corrente de transmissão (típico): 45 mA @ 3.3V;
  - Corrente de Recepção (típico): 50 mA @ 3.3V;
  - Corrente de Power-down Sleep: <10 µA;
- **Propriedades Físicas**
  - Dimensões: (2.438cm x 2.761cm);
  - Peso: 0.10 oz (3g);
  - Temperatura de operação: -40 até 85° C (industrial);
  - Opções de antena: Conector U.FL RF, Chip ou Chicote (whip);

- Rede
  - Topologia de Rede: Peer-to-peer(Par-a-par), ponto-a-ponto, ponto-a-multiponto e malha;
  - Manipulação de erro: Retransmite novamente (Retries) & reconhecimento (acknowledgements);
  - Endereçamento: 65.000 endereços de rede disponíveis para cada canal;
  - Opções de filtros: PAN ID, canais e endereços;
  - Criptografia: 128-bit AES;
  - Número de canais selecionáveis via software: 16 canais de sequência direta;
- Geral
  - Faixa de frequência: 2.4000 – 2.4835 GHz.

**Figura 17 - Placa micro controladora Arduino com o suporte XBee**

**Fonte:** [http://www.electfreaks.com/wiki/index.php?title=XBee\\_Shield](http://www.electfreaks.com/wiki/index.php?title=XBee_Shield)



## 2.10 RASPBERRY PI

Raspberry Pi é um computador portátil de aproximadamente 10cm x 5cm, Foi desenvolvido pela Raspberry Pi Foundation no Reino Unido, tendo seus primeiros protótipos lançados em meados de 2006. Possui um hardware extremamente simples (se comparado a um computador comum) e totalmente integrado em uma única placa. O principal objetivo do projeto é estimular o conhecimento e ensino na

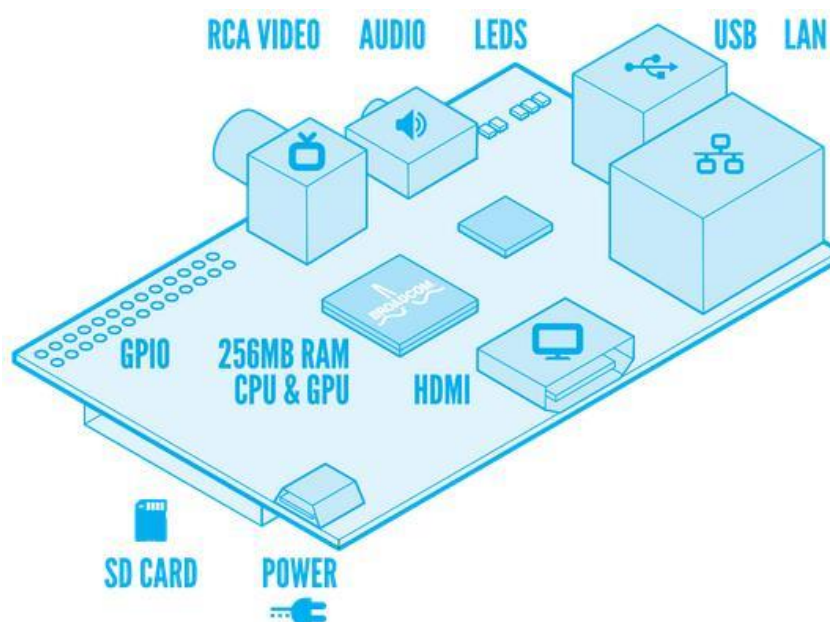
área programação e ciência da computação para qualquer pessoa, principalmente jovens e crianças.

A principal característica do Raspberry Pi é o seu baixo custo, que pode variar de aproximadamente U\$15 a U\$35 a unidade. Importando esse produto para o Brasil seu preço pode ser em média de R\$ 180.

Atualmente existem dois modelos de Raspberry Pi, os dois modelos são bem semelhantes, a principal diferença é que um deles possui originalmente duas portas USB e uma porta Ethernet, sendo esse um modelo com custo mais elevado, e o outro possui apenas uma porta USB e nenhuma porta Ethernet.

**Figura 18 - Modelo Conceitual Raspberry Pi**

Fonte: BOEIRA, 2013



### 2.10.1 Especificações Técnicas

O Raspberry Pi é composto principalmente de um pequeno circuito integrado que possui processador de arquitetura ARM, GPU VideoCore IV e memória RAM.

O Raspberry Pi possui a vantagem de dispensar a utilização de uma BIOS, pois suas configurações necessárias para a inicialização ficam armazenadas em um cartão micro SD.

Segue abaixo algumas especificações técnicas e de hardware:

- SoC (System on a Chip) Broadcom BCM2835, que inclui:
  - CPU ARM1176JZF-S de 700 MHz (que pode receber overclock oficialmente)
  - GPU VideoCore IV, compatível com os padrões OpenGL ES 2.0, h.264 / MPEG-4 AVC em 1080p, tanto codificação quando decodificação. Para a execução de vídeos MPEG-2 e VC-1 é exigida licença avulsa.
  - 256 Mb de RAM
- 2 portas USB 2.0
- Conector para cartão SD
- Conector RJ45 para rede 10/100
- Controle de dispositivos acessados em baixo nível:
  - Porta GPIO (8 pinos)
  - UART
  - Barramento I<sup>2</sup>C
  - Barramento SPI
- Saída HDMI com suporte para vídeo até 1080p e áudio digital
- Saída de vídeo composto através de conector RCA
- Saída de áudio analógico através de conector para plugue P2
- Dimensões: 85,60 mm × 53,98 mm
- Peso: 45 gramas

(BOEIRA, 2013).

### 2.10.2 Sistema operacional

No Raspberry Pi o sistema operacional ficar armazenado em um cartão SD, junto com as configurações necessárias para a inicialização do computador, dispensando a utilização de uma BIOS.

Por contar com componentes de hardware com processamento relativamente limitado e a fatores relacionado a sua estrutura de funcionamento, o Raspberry Pi permite apenas o funcionamento de sistemas operacionais especificamente modificados.

Segue a baixo uma lista de algum sistemas operacionais e distribuições Linux que já são suportadas ou estão sendo modificadas para serem suportadas pelo Raspberry Pi:

- AROS
- Android 4.0
- Arch Linux ARM
- Debian Squeeze
- FreeBSD<sup>[103]</sup>
- Firefox OS
- Gentoo Linux<sup>[104]</sup>
- Google Chrome OS
- NetBSD
- Raspberry Pi Fedora Remix
- Open webOS
- Raspbian
- RISC OS
- Slackware ARM
- QtonPi

(BOEIRA, 2013).

## 2.11 ANDROID

O mercado de celulares no Brasil e no mundo está casa vez maior. Algumas pesquisas indicam que atualmente mais de 3 bilhões de pessoas possuem um aparelho celular, e isso corresponde a quase metade da população mundial.

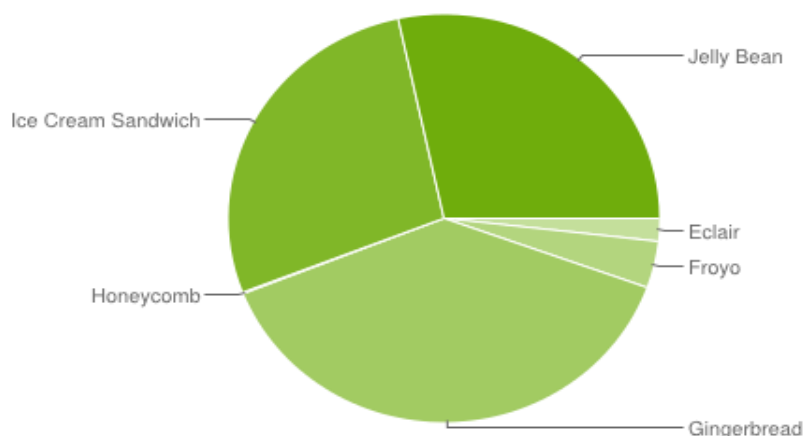
O Android é a aposta da Google para acompanhar essa evolução da tecnologia móvel. Consiste em um sistema operacional para smartphones, TVs e tablets. Baseado em um sistema operacional Linux Open Source, o sistema móvel é utilizado, segundo a Google, em aparelhos de diversos fabricantes em mais de 1 milhão e meio de smartphones pelo planeta, divergidos em diversas empresas, como Samsung, HTC, Motorola, Sony, LG e inclusive os menos conhecidos da atualidade.

O Android está atualmente na versão 4.2.2 Jelly Bean e recebe, normalmente, até duas grandes atualizações por ano, o que é uma vantagem para quem desenvolve aplicativos para esta plataforma. Entretanto, a plataforma não é totalmente vantajosa, pois malwares, vírus e travamentos são apontados como as principais desvantagens do Android.

### 2.11.1 Estatísticas de Utilização

Dados obtidos em 14 de março de 2013. Atualmente a versão mais usada do Android é a Gingerbread com 44,1%, seguida da Ice Cream Sandwich junto com a Jelly Bean (4.0.x-4.1.x), juntas as versões tem mais de 45% de market share, como mostra o gráfico da figura 19.

**Figura 19 - Fragmentação da utilização das versões do Android**  
Fonte: <http://bluebox.com/corporate-blog/ios-android-adoption-rates/>



### 3 SOLUÇÃO PROPOSTA

#### 3.1 APRESENTAÇÃO GERAL

A solução proposta é o estudo e o desenvolvimento do escopo de um projeto de automação residencial eficiente que atenda às necessidades do uso doméstico e principalmente de baixo, custo utilizando ferramentas open source. No entanto, avaliando sua viabilidade comercial, nada impede que esse estudo possa ser utilizado para o desenvolvimento de sistemas de automação em diferentes ambientes, como prediais e industriais.

Nesse estudo considerou-se o desenvolvimento do sistema dividido em três camadas, sendo elas: camada Arduino, camada Android e camada SAR (Servidor de Automação Residencial). Nos próximos itens cada camada será abordada individualmente detalhando suas funcionalidades, características, integração e o funcionamento do sistema como um todo. Como mostrado pela figura abaixo:

**Figura 20 - Representação da estrutura do sistema**

Fonte: Autores



## 3.2 REQUISITOS

Inicialmente o projeto tem como característica principal de prototipagem o uso da plataforma Arduino, mas pensando em desenvolvimentos futuros de maior escala o projeto pode ser desenvolvido e gravado diretamente em um microcontrolador ATmega com um circuito montado, substituindo assim o uso da placa Arduino e reduzindo ainda mais os custos do projeto.

Além da placa Arduino, para o desenvolvimento são necessários mais alguns componentes como: modulo de conexão ZigBee para Arduino, um computador Raspberry Pi, modulo de conexão ZigBee para Raspberry Pi e um dispositivo móvel com sistema operacional Android e com suporte à conexão de rede sem fio.

### 3.2.1 Requisitos Funcionais

- RF 1 – Interação a distância  
O sistema deve permitir que o usuário controle os pontos de automação a distância.
- RF 2 – Escolha do ambiente  
Permitir que o usuário selecione o ponto de automação com o qual deseja interagir.
- RF 3 – Pontos de automação  
Seriam: lâmpadas (ligar/desligar), câmeras (ligar/desligar), ventiladores (ligar/desligar), janelas (abrir/fechar), portas (trancar/destrancar), banheira (encher, esvaziar, controlar temperatura).
- RF 4 – Informações do ambiente  
Permitir que o usuário colete informações do ambiente através de sensores, como: temperatura, luminosidade e etc.
- RF 5 – Verificação de status  
Permitir que o usuário verifique o status dos pontos de automação, como: ligado ou desligado, trancado ou destrancado e etc.



### 3.2.2 Requisitos não Funcionais

- RNF 1 – Tempo de resposta  
O tempo de resposta a uma execução ou a solicitação de informações deve ser relativamente baixa, para que o cliente Android proporcione uma boa experiência ao usuário.
- RNF 2 – Interface Amigável  
O cliente Android deve possuir um interface pratica e amigável para o usuário.
- RNF 3 – Privacidade  
Permitir que somente pessoas autenticadas consigam interagir com o sistema
- RNF 4 – Adaptabilidade  
Ser possível mudar a configuração de uma residência automatizada sem reconfigurar as partes já configuradas no sistema.
- RNF 5 – Escalabilidade  
Ser possível a inclusão ou remoção de um cômodo ou dispositivo no sistema sem interrupção ou instabilidade no funcionamento.

## 3.3 PROJETO DA SOLUÇÃO

### 3.3.1 Camada Arduino

Essa é a camada responsável por interagir com o ambiente físico. Ela sente o ambiente (temperatura, luminosidade e etc.), enviando os dados coletados ao SAR (Servidor de Automação Residencial). Ela também aciona diretamente os pontos de automação, recebendo, para isso, comandos vindos do SAR.

### 3.3.1.1 Sensação e Atuação

Sensação é o procedimento de coleta de informações do ambiente físico através de sensores, como: luminosidade, temperatura, umidade e etc. Estas sensações do ambiente são coletadas e enviadas sempre que o SAR solicitar.

Os sensores utilizam as entradas analógicas do Arduino, dispensando o uso de Relés, pois a corrente elétrica liberada pelo pino analógico já é suficiente para acioná-los.

O procedimento de atuação executa ações como: ligar, desligar, aumentar ou diminuir a intensidade de um dispositivo eletrônico, como por exemplo: lâmpadas, ventiladores, travas de portas, motores de portões e etc.

A atuação é realizada através das saídas digitais do Arduino, essas saídas de 5v acionam cada uma um relé (apresentado no subitem 2.4), acionando a partir disso um dispositivo eletroeletrônico presente na residência.

### 3.3.1.2 Relatório

Além das funcionalidade de sensação e atuação, os controladores Arduino possuem também um procedimento de relatórios.

Onde o Arduino envia informações ao SAR, como por exemplo: estado atual de um dispositivo (ligado ou desligado), informações do ambiente físico como luminosidade, temperatura e etc. Esses relatórios podem ser enviados sempre que determinado dispositivo for acionado, ou simplesmente sempre que o SAR requisitar.

O procedimento de Relatório além de utilizar os pinos digitais do Arduino, utilizam também os pinos analógicos, ambos como forma de entrada. Os pinos digitais são utilizados para coletar informações sobre o estado de dispositivos ligados a um Relé. Já os pinos analógicos são utilizados para coletar informações sobre o ambiente físico, essa situação já dispensa o uso de Relés, pois ela é realizada através de sensores onde a corrente elétrica liberada pelo pino já é suficiente para acioná-los.

### 3.3.1.3 Arquitetura

Na solução proposta os controladores Arduino devem ser implementados em forma de cadeia, onde cada Arduino controla um determinado número de dispositivos conectados através de relés.

Contando com um cenário ideal para implementação do projeto, cada cômodo da residência possuiria um controlador Arduino.

Em situações em que seja necessária a inclusão de um novo controlador Arduino no sistema, como por exemplo em caso de aumento na quantidade de dispositivos controlados, o novo Arduino já configurado será cadastrado no sistema enviando uma requisição de autenticação e cadastro ao SAR de forma automática e sem interrupção do sistema.

**Figura 21 - Representação da Camada Arduino**

Fonte: Autores



No esquema demonstrado acima cada Arduino é configurado como roteador, dessa maneira cada um é capaz encaminhar mensagens para outros Arduinos roteadores, permitindo que o SAR interaja com dispositivos que estejam além do alcance.

#### 3.3.1.4 Integração do Arduino com o SAR

Para identificar qual ponto de automação o Arduino deve acionar, ele realiza a interpretação das informações contidas nas mensagens enviadas pelo SAR.

A comunicação entre o controlador Arduino e o SAR é feita através de uma conexão sem fio utilizando protocolo ZigBee, para que essa comunicação seja possível é necessário que cada controlador Arduino presente no sistema possua um modulo ZigBee através de um shield XBee.

O tipo de endereçamento definido para cara modulo ZigBee foi o endereço reduzido com comprimento de 16 bits, que mesmo sendo bem inferior ao tipo EUI-64 de 64 bits ele já atende as necessidades do projeto, permitindo aproximadamente 64 mil nós na rede.

A criptografia definida para a comunicação será a AES 128-bit e taxa de transmissão de dados de 250.000 bps, ambas configuração são padrões do shield XBee.

### 3.3.2 Servidor de Automação Residencial (SAR)

O servidor de automação residencial (SAR) compõe a camada central da solução e tem como função gerenciar os controladores Arduino, recebendo informações, relatórios e enviando comandos de atuação a cada dispositivo conectado ao sistema, tendo também a função de interagir com o cliente Android.

O SAR será implementado na forma de um software rodando em um computador Raspberry Pi. Atuando como um servidor HTTP rodando sobre SSL, TCP/IP.

Para se comunicar com a camada Arduino é necessário um modulo XBee conectado à um porta USB

Para que a comunicação possa ser realizada com a camada Android é necessário que o Raspberry Pi esteja conectado e uma rede sem fio, com um endereço IP atribuído.

O modulo XBee presente no Raspberry Pi deve ser configurado como roteador e coordenador, para que o SAR seja capaz de enviar, receber e encaminhar mensagens as camadas Arduino e Android, e também seja capaz de adicionar ou remover controladores Arduino da rede ZigBee.

O SAR tem função de fornecer à aplicação Android um inventário dos pontos de automação da casa. Essas informações tipicamente incluem: quais são os pontos de automação, tipo de cada ponto, possibilidades de ação, etc.

Outra função do SAR é recepcionar as mensagens enviadas da camada Android e interpreta-las, nessas mensagens estão contidas informações como: qual dispositivo será acionado, o tipo da ação a ser tomada por esse dispositivo e o valor a ser utilizado para a execução dessa ação.

Após interpreta-las o SAR tem a função de enviar uma requisição à camada Arduino para que esta execute a ação originada na camada Android.

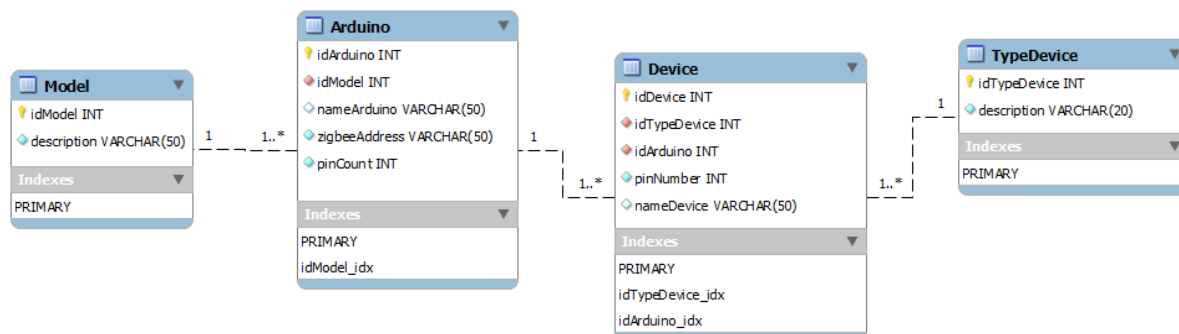
Após o retorno da camada Arduino referente a ação executara, o SAR encaminha essa mensagem de retorno a aplicação na camada Android.

#### 3.3.2.1 Gerenciamento

Uma funcionalidade importante do SAR é controle de cada Arduino presente no sistema, esse controle é realizado através da utilização de um banco de dados, onde cada Arduino, dispositivo e sensor estão cadastrados. Com base nesse banco o SAR sabe exatamente qual controlador da camada Arduino ele deve acionar quando solicitado um relatório ou a execução de uma ação, como por exemplo: solicitar a temperatura em que se encontra um determinado cômodo, ou acender a luz De um cômodo.

**Figura 22 - Diagrama do Banco de Dados presente no SAR**

Fonte: Autores



Conforme esquematizado na figura acima, o banco será desenvolvido de modo que cada Arduino esteja cadastrado na tabela *Arduino* e cada dispositivo eletroeletrônico esteja cadastrado na tabela *Device*, havendo um relacionamento entre ambas através de campo *idArduino* como chave estrangeira da tabela *Arduino* para a tabela *Device*. As tabelas *Model* e *TypeDevice* são simplesmente de caráter informativo, relacionando o modelo dos Arduinos e o tipo dos dispositivos cadastrados, respectivamente.

Para que o bando de dados seja compatível com o sistema operacional do Raspberry Pi será utilizado MySQL.

### 3.3.2.2 Escalabilidade

Através do seu banco de dados, o SAR também é capaz de gerenciar os Arduinos de maneira escalável, ou seja, possui um controle de escalabilidade. Essa funcionalidade torna-se extremamente útil quando necessária a inclusão ou exclusão de um controlador no sistema não é necessária a interrupção do seu funcionamento.

O processo de inclusão de um Arduino acontece da seguinte maneira: Quando o novo controlador Arduino já configurado com os dispositivos desejados é inicializado, automaticamente ele envia uma solicitação de inclusão ao SAR, essa solicitação contém informações sobre a quantidade e os tipos de dispositivos que esse Arduino controla.

Assim que recebe a solicitação, o SAR cadastra as informações sobre o Arduino no banco de dados e inclui seu endereço de comunicação na rede ZigBee, a partir desse momento todos os dispositivos recém adicionados já estão prontos para serem acionados.

Já o processo de exclusão de um Arduino acontece da seguinte maneira: Quando um Arduino precisa ser desativado ou removido, a camada Android envia uma mensagem ao SAR informando qual controlador ela deseja desativar, e após receber a mensagem o SAR remove o Arduino em questão do banco de dados, permitindo seu desligamento imediato.

Ambos os processos são realizados sem causar qualquer interrupção ou instabilidade no solução, esse sistema de escalabilidade foi elaborado visando minimizar ao máximo os impactos causados por uma mudança na estrutura dos dispositivos ou componentes do sistema, seja ela causada pela construção de um novo cômodo na residência ou simplesmente pela compra de um novo aparelho eletroeletrônico, por exemplo.

### **3.3.3 Camada Android**

Visando inovar dos sistemas de automação residencial convencionais, onde as interfaces de interação com os dispositivos da residência são muitas vezes painéis fixados em paredes, essa solução propõe a utilização de um dispositivo móvel Android como interface de controle para o sistema. Esse aplicativo permite ao usuário controlar os eletroeletrônicos da residência.

A comunicação entre o aplicativo Android e SAR é feita através comunicação sem fio, para isso é necessário que o dispositivo que estiver rodando o aplicativo esteja conectado a uma rede sem fio e possua um endereço IP.

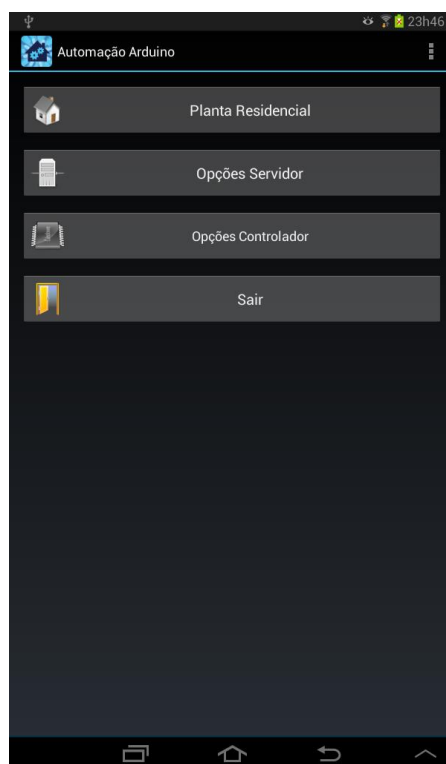
A partir da tela inicial do aplicativo (Figura 21) o usuário pode navegar até a tela de controle de dispositivos, lá ele encontrara uma planta da residência (Figura 22), onde é possível clicar no cômodo desejado e visualizar todos os dispositivos nele que permitem interação (Figura 23). Selecionando o item desejado será exibida uma lista contendo todas as possíveis ações de interação com esse dispositivo eletroeletrônico (Figura 24), por exemplo: ligar ou diminuir a intensidade de uma

lâmpada, solicitar informações de temperatura de um sensor, ligar ou desligar um ventilador e etc.

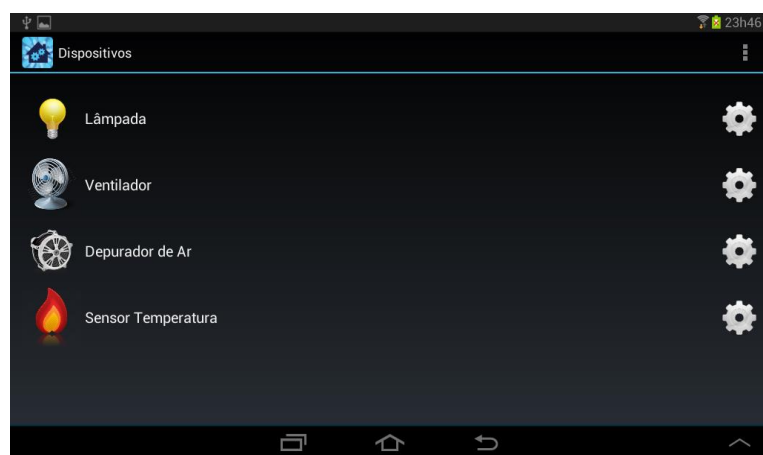
Sempre que enviada ao SAR uma mensagem solicitando a execução de uma ação ou acionamento de um dispositivo, logo em seguida o aplicativo recebe um retorno, informando se ação foi efetuada com sucesso e o estado atual do dispositivo acionado.

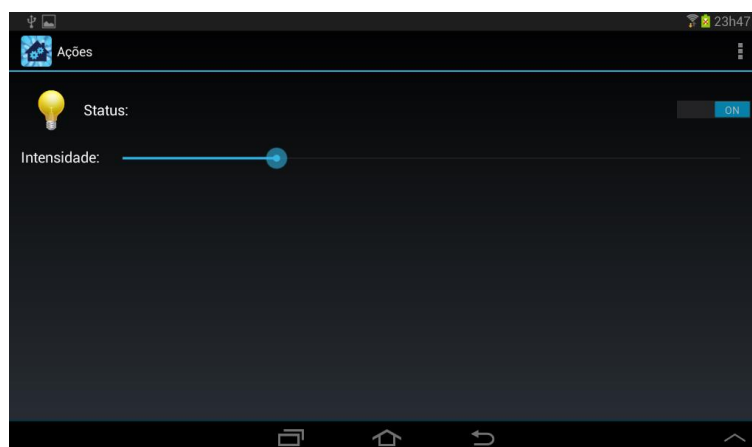
**Figura 23 - Tela inicial do aplicativo**

**Fonte: Autores**

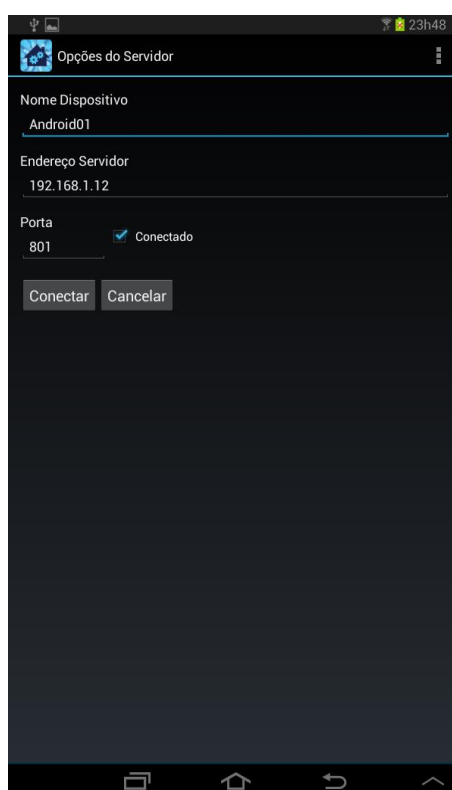




**Figura 24 - Planta da residência****Fonte: Autores****Figura 25 - Exibição dos dispositivos disponíveis no cômodo****Fonte: Autores**

**Figura 26 - Tela de interação com objetos****Fonte: Autores**

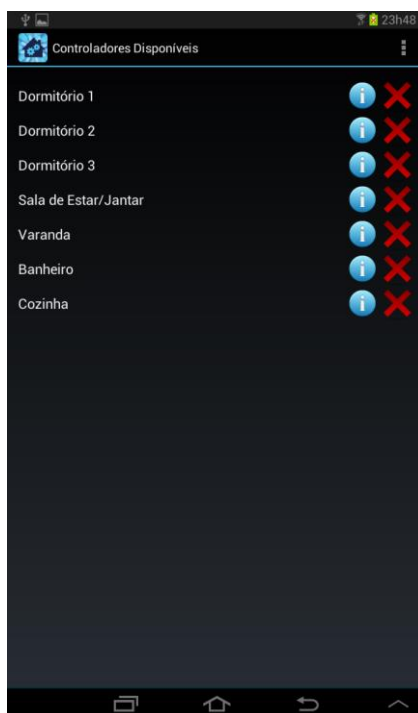
Quando o aplicativo é iniciado é exibida uma tela onde o usuário tem a opção de editar as configurações de conexão ao SAR. Como é necessário que o cliente esteja autenticado no SAR, quando o aplicativo é inicializado pela primeira vez, a tela de configuração de conexão é aberta automaticamente (Figura 25).

**Figura 27 - Tela de configurações do servidor****Fonte: Autores**

O sistema possuirá também a funcionalidade de remover pelo próprio aplicativo Android um controlador Arduino que não está sendo mais utilizado. Na seção de opções dos controladores (Figura 26) o usuário pode ter acesso a uma lista contendo os Arduinos cadastrados no SAR, onde ele tem a opção de enviar uma mensagem solicitando que um determinado Arduino seja desativado.

**Figura 28 - Tela de controle de Arduinos**

**Fonte: Autores**



## 4 CONCLUSÃO

A execução deste projeto consistiu-se basicamente de duas etapas; a primeira de estudos sobre as necessidades de um usuário comum e a viabilidade do projeto, a segunda sobre as especificações técnicas de todo o projeto.

Posteriormente estudou-se em detalhes o microcontrolador a ser utilizado, junto dos softwares de desenvolvimento. Paralelamente a isto se deu início às atividades práticas como a montagem de protótipos e outras singularidades, objetivando resolver passo a passo problemas de hardware limitantes e algumas vezes até rever partes do projeto por conta disto.

O protótipo apresentado nesta monografia baseia-se em um hardware simples, de baixo custo, e um software que pode ser executado em qualquer dispositivo com sistema operacional Android.

Sendo assim, a primeira, e também a maior contribuição deste trabalho, consiste exatamente em demonstrar a viabilidade de soluções da automação residencial de baixo custo.

Outra contribuição consiste em desmistificar a complexidade de concepção do hardware de controle. Através de um projeto simples, que utiliza conceitos básicos, é possível construir um equipamento suficientemente genérico para controlar diversos tipos de dispositivos, simplesmente através do acionamento de cargas elétricas.

Destaca-se a versatilidade do software de gerenciamento que possui suporte a dispositivos móveis sem fio, como smartphones e tablets.

Face ao exposto documento terminamos este projeto atingindo os objetivos esperados obtendo resultados com indicativos promissores.

Como trabalhos futuros sugere-se uma otimização na solução proposta, eliminar a necessidade do SAR atuar como ponte entre o aplicativo Android e o Arduino, aumentar a performance e eficiência do sistema. Nesta situação o aplicativo Android se conectaria apenas uma vez ao SAR para realizar a sincronização das configurações necessárias, e a partir disto o aplicativo acessaria diretamente cada controlador Arduino presente no sistema. Um dos grandes empecilhos para a implementação dessa sugestão é a limitação de processamento e armazenamento de informações do Arduino, que são relativamente inferiores às do SAR, diante disto

seria necessário um estudo mais aprofundado na plataforma, para buscar maneiras de se trabalhar com o controlador de forma mais autônoma.

Outra otimização interessante para a solução, seria implementar um maior dinamismo no aplicativo Android. Esta funcionaria de forma que o aplicativo sempre que iniciado, sincronizaria com o SAR algumas configurações do sistema, como: quantidade de cômodos automatizados, quantidade de Arduinos configurados, quais dispositivos eletroeletrônicos estão conectados a cada Arduino, quais os tipos e ações disponíveis para cada dispositivo, a partir da coleta destas informações o aplicativo se adaptaria as configurações dinamicamente em tempo de execução, sem necessitar de alterações ou recompilações de código fonte quando aconteça, por exemplo, uma reforma na residência.

Na visão da segurança e integridade das configurações do sistema, pode se desenvolver uma segunda aplicação para Android, destinada somente a configurações do servidor e dos controladores. Esta atuaria como uma aplicação restrita a administradores, e impedir assim que usuários comuns possam editar as configurações do sistema.

## 5 REFERÊNCIAS

ATMEL. (2013). **Datasheet microcontrolador ATmega328**. Disponível em: <<http://www.atmel.com/devices/atmega328.aspx>>. Acesso em: 17 Nov. 2013.

BANZI, M. (2008). **Getting Started With Arduino**. Sebastopol, California, Estados Unidos: O'reilly Media.

BLUETOOTH, S. **Bluetooth specification**. 1998.

BOEIRA, M. (2013). **O que é Raspberry Pi**. Disponível em: <<http://blog.marcelboeira.com/raspberry-pi/o-que-e-raspberry-pi/>>. Acesso em: 12 Nov. 2013).

BOLZANI, C. **Residências Inteligentes**: Editora Livraria da Física, 2004.

BROOKS, C. (2013). **The Internet of Things: A Seamless Network of Everyday Objects**. Disponível em: < <http://www.livescience.com/38562-internet-of-things.html>> Acesso em: 13 Nov. 2013).

BRUGNARI, A.; MAESTRELLI, L. H. M., **AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL via WEB**. 2010, 36f. Trabalho de conclusão de curso - Curso de Graduação em Engenharia de Computação - PUC-PR, Curitiba, 2010.

CASTRUCCI, P. B. L.; BOTTURA, C. P. Apresentação. Em: **Enciclopédia de Automática Volume 1**. São Paulo: Blucher, 2007.

DEPINÉ, Fábio M. **Protótipo de Softwares para dispositivos móveis utilizando Java ME para cálculo de regularidade em rally**. 2002. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

EUZÉBIO, M. V. M.; MELLO E. R. **DroidLar – Automação Residencial através de um celular Android**. 2011. Artigo. Instituto Federal de Santa Catarina.

LIMA, C. B. (2010). **Técnicas de Projetos Eletrônicos com os Microcontroladores AVR** (1 ed.). Edição do Autor.

MARGARET, R. (2013). **Internet of Things (IoT)**. Disponível em: <<http://whatis.techtarget.com/definition/Internet-of-Things>>. Acesso em: 13 Nov. 2013).

MARTINS, N. A. (2005). **Sistemas Microcontrolados Uma abordagem com o Microcontrolador PIC 26F84**. Editora Novatec.

MELLIS, D. (9 de MARÇO de 2009). **O Hardware em 'Código Aberto'**. (M. GREGO, Entrevistador) Revista Info.

OPEN HANDSET ALLIANCE. **Android operating system**. 2008. Disponível em: <<http://www.android.com>>.

PATSKO, L. F. **Tutorial aplicações, funcionamento e utilização de sensores**. Disponível em: <[http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000\\_kdr5000/tutorial\\_eletronica\\_-\\_aplicacoes\\_e\\_funcionamento\\_de\\_sensores.pdf](http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000_kdr5000/tutorial_eletronica_-_aplicacoes_e_funcionamento_de_sensores.pdf)> (2006). Acesso em: 16 Novembro 2013.

SOUTO, W. A., **APOSTILA DE COMANDOS ELÉTRICOS, CURSO TÉCNICO DE ELETROMECAÂNICA**, CEFET-BA. Disponível em: <[http://www.eletrodomesticosforum.com/cursos/eletricidade\\_eletronica/automacao/curso\\_tecnico\\_eletromecanica.pdf](http://www.eletrodomesticosforum.com/cursos/eletricidade_eletronica/automacao/curso_tecnico_eletromecanica.pdf)>. Acesso em: 16 Nov. 2013.

WENDLING, M. **Sensores**. Campos Guaratinguetá. Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <<http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>> (2010). Acesso em: 16 Nov. 2013.

ZIGBEE ALLIANCE. **Zigbee specification**. ZigBee Document 053474r06, Version, v. 1, 2005.