



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL
USANDO UMA APLICAÇÃO ANDROID.**

Autor:

Agnaldo Hilário Samuel

Maputo, julho de 2016



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL
USANDO UMA APLICAÇÃO ANDROID.**

Autor:

Agnaldo Hilário Samuel

Supervisor:

Eng. Aristides Anselmo

Maputo, julho de 2016



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante _____
entregou no dia ___/___/20__ as ___ cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com referência: _____ intitulado _____

Maputo, ____ de _____ de 20__

O Chefe de Secretaria

AGRADECIMENTOS

Principalmente aos meus pais, Hilário Samuel e Matilde Licheco que investiram tempo e dinheiro em minha formação, possibilitando a realização deste trabalho. Aos meus colegas Mauro, Dércia Chelenje e Felimone Júnior por terem lido e contribuído em algumas partes do trabalho.

Ao Docente Engenheiro Aristides Anselmo, pela orientação prestada nos assuntos técnicos, pelo respeito recíproco para comigo e, principalmente, pela fundamental ajuda nos momentos em que mais precisei.

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tão pouco a sociedade muda.”

Paulo Freire

RESUMO

A automação residencial permite-nos controlar e monitorar qualquer aparelho ou sistema na casa de forma individual ou colectiva através do agendamento automático ou fazendo alterações de improviso. Não se refere apenas a reduzir os esforços humanos, mas também a economia de recursos, comodidade e segurança. A gestão do consumo de energia e água, os controles de iluminação, acesso, climatização, e outros, quando integrados e comandados por um sistema de automação, podem tornar o ambiente saudável e eficiente.

Várias empresas e grupos, em diversas partes do mundo, têm-se empenhado no desenvolvimento de diferentes tecnologias, produtos e protocolos de comunicação de automação residencial. Os preços dos produtos e soluções proprietárias, entretanto, apresentam-se como barreiras para sua maior difusão... (Spivey, 2015). Neste contexto, o trabalho propõe a introdução de tecnologias abertas na automação residencial, através do desenvolvimento de uma aplicação Android e uso da plataforma de prototipagem de custo baixo e de fácil uso denominada Arduino. É apresentado a descrição do *hardware* e *software* do produto de modo que sejam implantados em um ambiente real.

Palavras-Chave: Automação Residencial, Android, Arduino, Tecnologias abertas.

ABSTRACT

Home automation allows us to control and monitor any device or system in the house individually or collectively through the automatic scheduling or making impromptu changes. It refers not only to reduce human efforts, but also saving resources, convenience and safety. The management of energy and water consumption, lighting control, access, air conditioning, and other, when integrated and operated by an automation system, can make the environment healthy and efficient.

Several companies and groups in various parts of the world have been engaged in the development of different technologies, products and home automation communication protocols. However, the prices of the products and proprietary solutions, present themselves as barriers to their wider dissemination ... (Spivey, 2015). In this context, the paper proposes the introduction of open technologies in home automation through the development of an Android and use of an inexpensive and easy to use prototyping platform called Arduino. The hardware and software description of the product is presented so that they are deployed in a real environment.

Keywords: Home Automation, Android, Arduino, open technologies.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	
RESUMOII
ABSTRACT.....	..III
LISTA DE ABREVIATURASVI
LISTA DE FIGURAS.....	..VII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Justificativa	2
1.2. Objectivos	3
1.2.1. Objectivo Geral	3
1.2.2. Objectivos específicos.....	3
1.3. Metodologia	3
1.4. Estrutura do trabalho	4
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	6
2.1. Sistema de automação residencial	6
2.2. Aplicabilidade.....	6
2.3. Benefícios	7
2.4. Protocolos.....	8
2.5. Plataforma Arduino	12
2.5.1. Especificações técnicas	13
2.5.5. Vantagens	15
2.6. Sensores e Actuadores	16
2.7. Sistema operativo Android.....	17
3. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA	19
3.1. Descrição do sistema	19
3.2. Arquitectura do sistema	20
3.3. Especificações funcionais.....	21
3.4. Hardware	22
3.4.1. Circuito de monitorização e controlo do sistema de iluminação.....	23
3.4.2. Circuito de Monitorização e controlo do sistema de anti-intrusão	24
3.4.3. Circuito de Monitorização e controlo do sistema de detecção de movimento.....	25

3.4.4.	Circuito de monitorização e controlo do sistema de climatização	26
3.5.	Software.....	27
3.5.1.	Aplicação Android	27
3.5.2.	Fluxograma de visualização do estado dos dispositivos ou aparelhos	27
3.5.3.	Fluxograma de accionamento de dispositivos ou aparelhos	29
3.5.4.	Fluxograma de agendamento de tarefas.....	30
3.5.6.	Firmware	31
3.5.7.	Fluxograma de accionamento de dispositivos ou aparelhos	32
3.5.8.	Fluxograma de agendamento de tarefas.....	32
3.5.9.	Fluxograma de detecção de intrusão	33
3.6.	Testes de funcionalidade	34
3.6.1.	Arduino <i>debugging</i>	35
3.6.2.	Inicialização do Arduino	36
3.6.3.	Conectividade	37
3.6.4.	Monitorização periódica de eventos	38
3.6.5.	Accionamento de dispositivos	38
3.7.	Custo de aquisição dos materiais	40
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
4.1.	Trabalhos Futuros.....	41
4.2.	Conclusão.....	41
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

LISTA DE ABREVIATURAS

API – Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicações)

HVAC - Heating, Ventilating, and Air Conditioning

IDE – Integrated Development Environment (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)

SSR – Solid State Relay (Relé de Estado Sólido)

USB – Universal Serial BUS

PIR – Passive Infrared Sensor

RF – Radio Frequency (Radiofrequência)

SDK – Software Development Kit (Kit de Desenvolvimento de Software)

SPI – Serial Peripheral Interface

SRAM – Static Random Access Memory (Memória Estática de Acesso Aleatório)

PWM – Pulse Width Modulation (Modulação por largura de pulso)

UDP - User Datagram Protocol

GSM - GLobal System for Mobile Communications (Sistema Global para Comunicações Móveis)

SMS - Short Message Service (Serviço de mensagens curtas)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Conceito de automação residencial	7
Figura 2: Rede Típica Z-Wave (8).....	10
Figura 3: Rede ZigBee (11)	11
Figura 4: Placa Arduíno	13
Figura 5: Sensores e Actuadores.....	16
Figura 6: Venda de Smartphones (2009-2016).....	18
Figura 7: Arquitectura do sistema	20
Figura 8: Esquema do hardware do sistema	22
Figura 9: Esquema do circuito de controlo e monitorização do sistema de iluminação	24
Figura 10: Esquema do circuito para detectar manuseio de portas ou janelas.....	25
Figura 11: Esquema do circuito de detecção de movimento ¹³	25
Figura 12: Esquema do circuito de controlo e monitorização do sistema de climatização	26
Figura 13: Fluxograma de visualização do estado dos dispositivos	28
Figura 14: Fluxograma de accionamento de dispositivos ou equipamentos.....	29
Figura 15: Fluxograma de agendamento de tarefas	30
Figura 16: Fluxograma de accionamento de dispositivos	32
Figura 17: Fluxograma de agendamento de tarefas	33
Figura 18: Fluxograma de detecção de intrusão.....	34
Figura 19: Arduino serial monitor (testes unitários dos sensores)	36
Figura 20: Resultado de inicialização do Arduino	37
Figura 21: Resultado do teste ping ao Arduino.....	37
Figura 22: Notificação sobre intrusão	38
Figura 23: Resultado de accionamento de uma lâmpada.....	39

1. INTRODUÇÃO

Actualmente as residências tendem a tornar-se mais autocontroladas e automatizadas. A tecnologia tem avançado ao ponto onde uma casa automatizada tornou-se uma opção viável para os proprietários de residências. Imagine andar em sua casa e as luzes iluminando o seu caminho sem ter que tocar num interruptor, ser notificado através do celular sobre intrusão ou quando o ar condicionado estiver ligado enquanto ninguém estiver na casa. Além disso, tal sistema poderia permitir o utilizador agendar eventos para ocorrer em intervalos recorrentes (por exemplo, ligar o sistema de rega às 4:30h a cada terça e quinta-feira). Cada nova tecnologia traz acoplado um novo vocabulário. Quando o assunto é residência inteligente, não é diferente: casa automática, casa inteligente, automação residencial, domótica¹, etc. Mas, tudo pode se resumir em uma palavra: conforto.

O conceito de automação residencial é simples. Toma-se uma determinada tarefa ou operação, normalmente realizada de forma manual, por exemplo ligar manualmente um dispositivo, e de alguma forma fazer esse dispositivo ligar-se e trabalhar de forma automática, sem a intervenção manual (Miller, 2015). A automação de uma residência visa, principalmente, proporcionar conforto, segurança e comodidade para as tarefas do quotidiano. A incorporação das novas tecnologias ao ambiente residencial oferece o aumento da qualidade de vida de seus ocupantes, respondendo suas necessidades de comunicação, segurança, controle, gestão das instalações e, ainda, racionaliza o consumo de energia e água, oferecendo, conseqüentemente, uma parcela de ajuda na preservação do meio ambiente.

Nos últimos anos a popularidade de automação residencial tem vindo a aumentar devido à maior acessibilidade e simplicidade, associado ao uso de *smartphones*²

¹ A palavra **domótica** originou-se do latim *domus* que significa casa. É a ciência moderna de engenharia de instalações em sistemas prediais.

² Um telefone móvel que executa muitas das funções de um computador, normalmente com uma interface sensível ao toque, e um sistema operacional capaz de executar aplicações.

(Ramakrishnan, et al., 2015). Além disso, tecnologias sem fio permitem que os equipamentos de automação residencial sejam instalados com menos adaptações ao imóvel, com custo e segurança reduzidas em relação às soluções cabeadas.

Este Trabalho apresenta um protótipo de um sistema de automação residencial controlado por um *smartphone* com uma aplicação Android que faz a gestão de sistemas domésticos remotamente através da *internet*³ ou usando a tecnologia de redes sem fio (*Wi-Fi*). Isto é visto como uma necessidade na automação residencial, mas que hoje ainda são poucos os que têm esta tecnologia, e quando têm são a custos elevados.

1.1. Justificativa

Actualmente, as soluções e produtos de automação residencial existentes no mercado são proprietários e caros. Cada empresa adopta seus protocolos e concebe soluções para satisfazer necessidades específicas dos utilizadores, criando uma certa dependência no utilizador do provedor de serviço (por exemplo para adicionar componentes novos ao sistema), e por outro lado, torna difícil a integração do sistema existente com outros sistemas, dado que, não são sistemas abertos.

A evolução da *internet* e os telefones celulares, associado ao facto de que algumas empresas tais como Arduino Inc e Intel estão a criar plataformas de computação física de fácil acesso de *software*⁴ e *hardware*⁵ abertos, a fim de facilitar o uso até mesmo para pessoas com mínimos conhecimentos em eletrônica e computação traz uma

³ A **Internet** é o sistema global de redes de computadores interligadas que conectam milhões de dispositivos (Weber, 2004).

⁴ **Software** é uma sequência de instruções escritas para serem interpretadas por um computador com o objetivo de executar tarefas específicas.

⁵ **Hardware** refere-se a parte física de um computador. Esta é geralmente um conjunto de circuitos electrónicos e algumas peças mecânicas.

nova oportunidade a automação residencial, pois, facilita o desenvolvimento de soluções de baixo custo que podem integrar-se facilmente com as tecnologias existentes no mercado.

Este sistema foi concebido para ser flexível e escalável, de tal modo que a adição de novos componentes seja relativamente simples e modular sem necessidade de se redesenhar todo o sistema, e o facto de usar-se tecnologias abertas de *software* e *hardware*, reduz os custos de desenvolvimento e implementação.

1.2. Objectivos

1.2.1. Objectivo Geral

Pretende-se neste trabalho conceber um protótipo de sistema de automação residencial controlado e monitorado remotamente através de um *smartphone* com uma aplicação Android.

1.2.2. Objectivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Desenvolver a aplicação Android.
- Desenvolver o *firmware*⁶ do sistema;
- Construir os circuitos de integração e de controlo do sistema.
- Simular o sistema;

1.3. Metodologia

Foram consideradas quatro etapas a fim de executar este trabalho, sendo elas: estudo, desenvolvimento, teste e documentação.

⁶ Em eletrónica e computação, **firmware** é o conjunto de instruções operacionais programadas diretamente no hardware de um equipamento eletrónico.

Na etapa de estudo, foi realizado um levantamento bibliográfico com o objetivo de acumular informações suficientes para desenvolver as componentes de *hardware* e *software* do sistema. Este levantamento bibliográfico foi baseado principalmente na documentação disponibilizada através de *websites* das empresas Google Inc e Arduino, livros e artigos sobre as tecnologias envolvidas.

A etapa de desenvolvimento decorreu em três fases: Primeiro delimitou-se o escopo do sistema, através da descrição do sistema, e definição da arquitetura, a seguir desenvolveu-se a aplicação Android e o *firmware* do microcontrolador. Por último decorreu a construção dos circuitos elétricos de controlo e monitorização.

Na etapa de testes foram feitos testes unitários, testes de carga (stress) e testes de integração dos componentes de *hardware* e *software* do sistema, com o objectivo de examinar o comportamento e a performance do sistema. Na última etapa, foi produzido a documentação relativa a configuração do sistema e um manual do utilizador apresentado no anexo 6.

1.4. Estrutura do trabalho

Além desta introdução este trabalho está organizado em mais quatro capítulos que abordam os seguintes pontos:

- No capítulo dois, são abordados os principais aspectos sobre o conceito de automação residencial. São apresentados os protocolos mais comuns, a aplicabilidade e benefícios da automação residencial, bem como as plataformas de *hardware* e *software* adoptadas para implementação do sistema.
- No capítulo três apresenta-se a arquitectura geral do sistema. É ilustrado o princípio de funcionamento de cada componente de *hardware* e *software* em forma de esquemas de circuitos e fluxogramas, também são apresentados os resultados dos testes do sistema. Foi feito o levantamento dos custos dos materiais utilizados no desenvolvimento do projecto.

- No capítulo quatro foram feitas as considerações finais sobre o sistema de automação residencial apresentado neste trabalho, bem como são listadas algumas propostas para trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Sistema de automação residencial

Automação residencial é um conjunto de dispositivos, sistemas e subsistemas que tem a habilidade de interagir entre si ou funcionar de forma independente. A automação residencial permite-nos controlar e monitorar qualquer aparelho ou sistemas na casa de forma individual ou colectiva através do agendamento automático ou fazendo alterações de improviso (Gerhart,1999). Pode-se controlar dispositivos e sistemas tais como: sistema de segurança, sistema de rega automático, sistema de ventilação, electrodomésticos, dentre outros. Estes sistemas são personalizados para satisfazer uma variedade de necessidades individuais incluindo a comodidade, economia de energia, proteção e segurança.

2.2. Aplicabilidade

As aplicações mais comuns de automação residencial são:

- *Aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC):* Com HVAC automatizado, pode-se reduzir o calor quando uma sala está desocupada, e aumentar ou diminuir em momentos específicos baseados em alguma programação ou ocupação;
- *Controlo de iluminação:* é possível programar tempos em que as luzes devem ser ligadas e desligadas, decidir que quartos específicos devem ser iluminados em determinados momentos, seleccionar o nível de luz que deve ser emitida;
- *Controlo de aparelhos:* Pode-se gerir aparelhos domésticos a partir de um computador ou um *smartphone*;
- *Vigilância:* sistemas de segurança doméstico integrado com um sistema de automação residencial pode fornecer serviços adicionais, tais como vigilância remota de câmaras de segurança através da *internet*, fecho centralizado de

todas as portas e janelas, etc. Permitindo, também aceder a informações em tempo real sobre o estado da segurança da residência.

O utilizador pode não precisar de todos estes sistemas na sua casa, mas se esta contruindo ou reformando, deve considerá-los a fim de agrega-los num futuro próximo. A ideia se criar um conceito de plataforma de infraestrutura comum, tem o intuito de estabelecer um padrão mínimo comum de modo que os profissionais envolvidos na construção de um ambiente inteligente, os utilizadores e fornecedores tomaram como referência essa solução existente. A figura 1 ilustra como as camadas de uma rede doméstica trabalham em conjunto. No centro o integrador dos sistemas domésticos é responsável pela harmonia e interoperabilidade entre os sistemas.

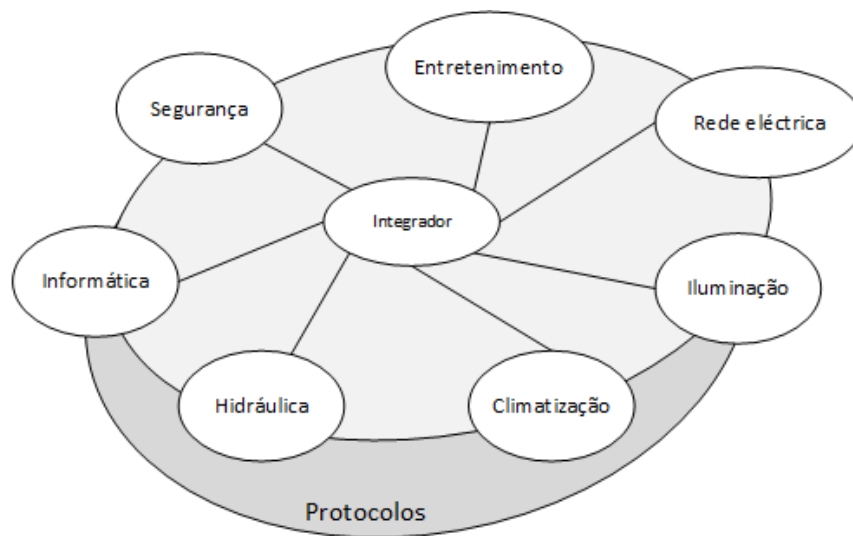


Figura 1: Conceito de automação residencial⁷

2.3. Benefícios

A automação residencial proporciona vários benefícios dependendo de onde é aplicada. Os benefícios mais comuns são:

⁷ Adaptado de (BOLZANI, 2004)

- *Eficiência energética.* A energia é usada somente onde e quando necessário. O controlo remoto ou temporizado de ventilação, ar condicionado, iluminação e aparelhos elimina o desperdício de energia (Gerhart, 1999).
- *Conforto e conveniência.* Uma casa inteligente é mais conveniente que uma casa regular. Há pouco coisas por fazer e poucas coisas por lembrar de fazer. A casa (ou os dispositivos inteligentes na casa) fazem a maior parte do trabalho. A habilidade de controlar tudo na casa através do *smartphone* ou computador – ou ter tudo accionado automaticamente, baseado em parâmetros que definem-se com antecedência, é uma perspectiva atraente (Miller, 2015) .
- *Segurança* - O benefício segurança pode ser abordado de vários aspectos em automação residencial. Para proteção contra roubos e assaltos, o controlo de acesso a casa que pode ser por meio de sistema de biometria ou outro sistema. O modo de segurança permite, também, que os pais monitorem os filhos, estando no escritório ou em qualquer outro lugar, através da Internet. Dessa forma, eles conseguirão saber tudo o que se passa enquanto estiverem fora de casa (Startsollution , 2015).

2.4. Protocolos

Há uma grande variedade de plataformas tecnológicas, e protocolos, no ramo da automação residencial. Cada um tem, essencialmente, uma especificação própria e prove mecanismos para conectar os dispositivos, e instrui-los para executar uma função. Alguns nomes associados a sistemas de automação residencial são: ActiveHome, Avaya, BlueTooth, Eaton, LonWorks, IBM, PowerMark, X10, ZigBee, *Wi-Fi*, SmartHome, Z-Wave e Samsung (Mullin, et al., 2014). Os protocolos mais comuns de automação residencial são: X10, ZigBee, Z-WAVE, INSTEON, WI-FI e BLUE-TOOTH.

2.4.1. X10

X10 existe há bastante tempo. No sistema X10 todos aparelhos e dispositivos eléctricos são receptores, e os itens que usa-se para controlar o sistema (*remote control*, teclado, e similares) são transmissores. Instala-se os receptores e transmissores necessários para automatizar uma série de tarefas (Mullinet al., 2014). Os componentes comunicam-se uns com os outros através do cabeamento eléctrico existente sem um controlador central.

X10 envia picos de 120 kHz de sinal (RF), representando a informação digital, para a linha de alta tensão no cruzamento zero da onda senoidal AC (para minimizar a interferência). Cada produto X10 pode ser atribuído um código de casa (A-P) e um código de unidade (1-16) - proporcionando assim até 256 endereços exclusivos. A maior parte dos produtos contem duas pequenas rodas de endereços que são utilizados para definir o endereço (SMARTHOME, 2010).

2.4.2. Z-Wave

Z-Wave foi criado por Zen-Sys em 1999, como um protocolo proprietário para controle de produtos sem fio no espaço da automação residencial. O canal de comunicação usado no Z-Wave é um sinal RF de 900MHz (que varia substancialmente de acordo com a localização), transmitindo cerca de 40 -100Kbit/s.

Enquanto a força do sinal sofre os caprichos habituais de parede e piso, cada dispositivo possui uma gama de até 20-30 metros, e pode ser ligado numa formação em malha, de modo que um dispositivo pode repetir as mensagens para o próximo, prolongando assim o intervalo. Bem como o envio de mensagens entre si, estes dispositivos também comunicam com um *hub* ou controlador primário, o qual é usado para ligá-los a uma rede mais alargada, quer através de um roteador Ethernet ou computador (Goodwin, 2013) .

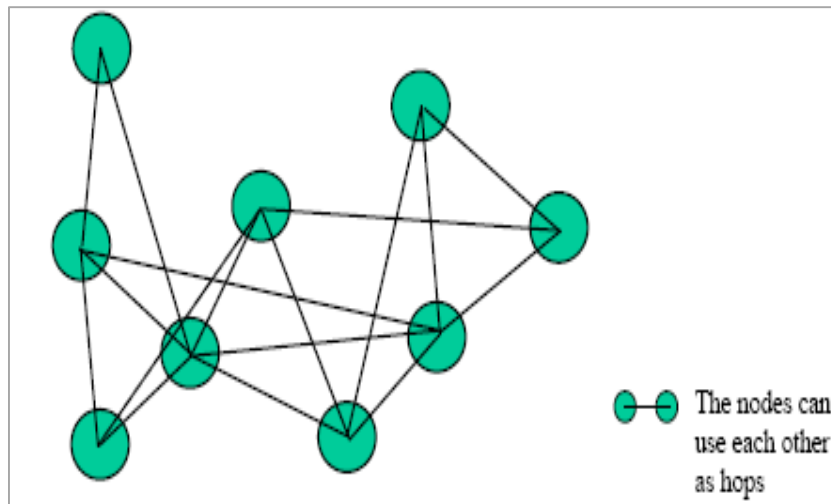


Figura 2: Rede Típica Z-Wave (8)

Quando cada novo dispositivo de Z-Wave é adicionada ao sistema, este é emparelhado com o próximo controlador que determina a intensidade do sinal entre eles, que é então utilizado nos algoritmos de roteamento. Isto torna possível enviar o sinal a dispositivos que são colocados no subsolo e, em garagens, desde que haja pelo menos um dispositivo que está no seu raio, e o resto da rede.

Como o X10, Z-Wave tem um código de casa (que é chamado de ID de Rede) e um código de unidade (o Node ID) para o endereçamento. Estes permitem 232 diferentes dispositivos nós em uma única rede, embora um pouco menos do que o número disponível com X10, é suficiente para a maioria das casas, embora não seja difícil de ligar redes, em caso de necessidade (Goodwin, 2013).

2.4.3. ZigBee

ZigBee é uma especificação para um terno de protocolo de comunicação de alto nível usando sinal de rádio digital, pequenos e de baixo consumo baseado em um padrão IEEE 802 para redes de área pessoal. Dispositivos ZigBee são muitas vezes utilizados em forma de rede de malha (vide a figura 3) de transmissão de dados a

longas distâncias, passando dados através de dispositivos intermediários para alcançar os mais distantes. ZigBee é destinada a aplicações que requerem uma baixa taxa de dados, bateria de longa duração, e redes seguras. As aplicações incluem interruptores de luz sem fio, medidores elétricos com uma tela sensível ao toque (IHD), sistemas de gestão de tráfego, e outros equipamentos do consumidor ou industriais que exigem a transferência de dados sem fio de curto alcance a taxas relativamente baixas (Chan,2013).

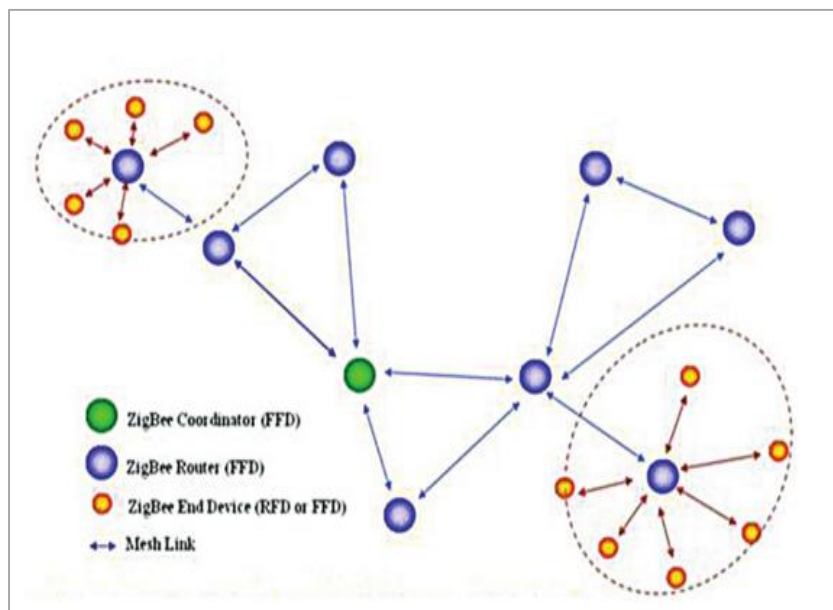


Figura 3: Rede ZigBee (11)

Os dispositivos ZigBee são de três tipos:

- *Coordenador ZigBee*: O dispositivo mais capacitado, o coordenador forma a raiz da árvore de rede e pode construir uma ponte para outras redes. Há exatamente um coordenador em cada rede, uma vez que é o dispositivo que começou a rede originalmente. Ele armazena informações sobre a rede, incluindo actuar como o Centro de Confiança e repositório para chaves de segurança.

- Roteador ZigBee: Bem como executar uma função da aplicação, um roteador pode actuar como um roteador intermediário, transmitindo dados de outros dispositivos.
- Dispositivo Final ZigBee: contém apenas funcionalidade suficiente para falar com o nó pai (ou o coordenador ou router); ele não pode transmitir dados de outros dispositivos. Este relacionamento permite que o nó esteja dormindo uma quantidade significativa de tempo, dando assim a vida longa da bateria. O dispositivo final ZigBee exige quantidade mínima de memória, e, portanto, pode ser menos caro de fabricar do que um coordenador ZigBee ou roteador ZigBee.

2.5. Plataforma Arduino

Arduino é uma plataforma de prototipagem de código aberto baseado em *hardware* e *software* fáceis de usar (Arduino cc, 2010). É composto de duas partes principais: A placa Arduino (*hardware*) e o Arduino *software* (IDE). O Arduino IDE é usado para escrever o programa que vai interagir com Arduino e os dispositivos neles conectados. Programas escritos usando Arduino *Software* chamam-se *sketches*.

A placa Arduino é uma pequena placa de circuito baseado num microcontrolador. No momento da redação deste trabalho, encontrou-se uma série de placas Arduino: Arduino UNO, Nano, o Mega, Mini, Pro e outros⁸. O Arduino UNO (Figura 4) é a mais recente versão da placa de base Arduino, e é usada na construção do protótipo deste projecto. A escolha da placa a usar depende das necessidades técnicas do projecto, como por exemplo, o número de dispositivos que pretende-se controlar, o tamanho do *firmware*, memória ROM, entre outros.

⁸ Gama completa de produtos oficiais do Arduino, [Citado: 03 31, 2016.]<https://www.arduino.cc/en/Main/Products>).



Figura 4: Placa Arduino⁹

Existem diversas plataformas baseadas em microcontroladores disponíveis para computação tais como: Parallax Basic Stamp, Netmedia's, Phidgets e MIT's Handyboard. A maioria delas porém, ou é constituída por produtos protegidos ou utilizam *hardware* que é caro.

2.5.1. Especificações técnicas

A tabela a seguir contem as especificações técnicas do Arduino.

Microcontrolador	ATmega328P
Tensão de operação	5V
Tensão de entrada (recomendado)	7-12V
Tensão de entrada (limite)	6-20V
Pinos Digitais I/O	14 (dos quais 6 provêm saída PWM)
Pinos digitais PWM I/O Pins	6
Pinos de entrada analógica	6

⁹ Arduino BoardUno. [Citado: 03 31, 2016.] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>.

Corrente DC por pino I/O	20 mA
Corrente DC por pino de 3.3V	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB (ATmega328P)
	Dos quais 0.5 KB usado pelo <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
Comprimento	68.6 mm
Largura	53.4 mm
Peso	25 g

Tabela 1: Especificações técnicas do Arduino Uno

2.5.2. Alimentação

O Arduino Uno pode ser alimentado através da conexão USB ou com uma fonte de alimentação externa. A fonte de alimentação é selecionada automaticamente. A placa pode operar com uma fonte externa de 6 a 12 volts. Se for fornecido menos de 7V, os pinos podem fornecer menos de cinco volts e a placa pode ficar instável. Se usar mais de 12V, o regulador de tensão pode superaquecer e danificar a placa. O intervalo recomendado é de 7 a 12 volts. Os pinos de corrente são os seguintes:

- VIN: A tensão de entrada para a placa Arduino quando ele está usando uma fonte de alimentação externa.
- Pin 5V: Estes pinos emitem uma tensão de 5V através do regulador na placa.
- 3V3. A alimentação de 3,3 V gerado pelo regulador da placa.
- GND. Pinos de terra.

2.5.3. Memória

O Arduino tem 32 KB (com 0,5 KB utilizado para o *bootloader*¹⁰). Ele também tem 2 KB de SRAM e 1 KB de EEPROM (o qual pode ser lido e escrito com a biblioteca EEPROM).

¹⁰ **Boatloader** é o programa responsável por iniciar um sistema operativo.

2.5.4. Pinos de Entrada e saída

Cada um dos 14 pinos digitais do Uno pode ser usado como uma entrada ou saída, usando as funções *pinMode* (), *digitalWrite* (), e funções *digitalRead* (). Eles operam a 5 volts. Cada pino pode fornecer ou receber um máximo de 40 mA e tem um resistor *pull-up*¹¹ interno (desconectado por padrão) de 20-50kOhms.

Além disso, alguns pinos têm funções especializadas:

- Serial: 0 (RX) e 1 (TX). Utilizado para receber (RX) e transmitir dados seriais (TX) TTL.
- Interrupções externas: 2 e 3. Estes pinos podem ser configurados para disparar uma interrupção por um valor baixo, uma borda de subida ou queda, ou uma mudança de valor
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, e 11. Fornecer saída PWM de 8 bits com a função *analogWrite* ().
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Estes pinos suportam comunicação SPI usando a biblioteca SPI.
- LED: 13. Há um LED embuido na placa conectado ao pino digital 13. Quando o pino é de alto *High* (5V), o LED está ligado, quando o pino é LOW (0V), ele fica desligado.
- Analógicos: Existem 6 entradas analógicas, rotuladas A0 a A5, cada uma das quais com 10 bits de resolução (isto é, 1024 valores diferentes). Por padrão elas medem de 0 -5 volts.

2.5.5. Vantagens

- Barato - placas Arduino são relativamente baratos em comparação com outras plataformas de microcontroladores.

¹¹ Resistores Pull-Ups/Pull-Down são utilizados para evitar flutuação em pinos configurados como entradas (*input*).

- Multiplataforma - O *Software* Arduino (IDE) é executado em sistemas operacionais Windows, Macintosh OSX e Linux. A maioria dos sistemas de microcontroladores são limitados ao Windows.
- Código aberto e *software* extensível - O *software* Arduino é publicado como ferramentas de código aberto, disponível para a extensão por programadores.
- Código aberto e *hardware* extensível - Os planos das placas Arduino são publicados sob licenças de código aberto, para que os designers experientes de circuitos possam fazer a sua própria versão do módulo, estendendo-lho e melhorá-lo.

2.6. Sensores e Actuadores

Os sensores e actuadores são a interface da residência com o meio Físico. Os sensores transformam parâmetros físicos (temperatura, umidade, etc.) em sinais elétricos apropriados para que os sistemas de automação residencial possam analisá-los e tomar decisões.

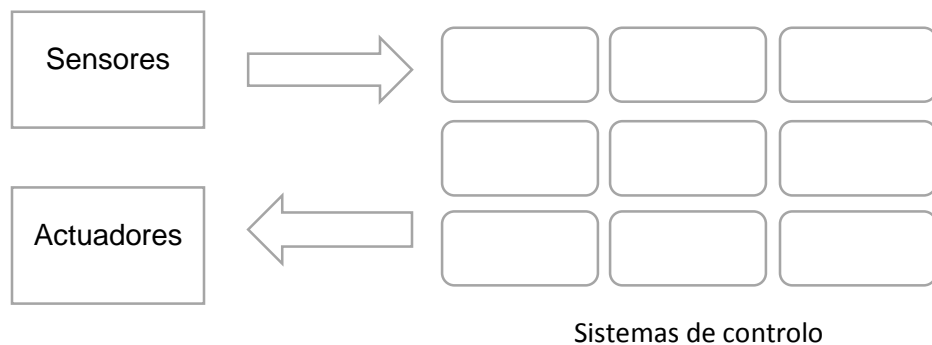


Figura 5: Sensores e Actuadores

Os atuadores são componentes eletromecânicos que têm suas características alteradas conforme os impulsos elétricos recebidos. Eles podem ser interligados dire-

tamente aos dispositivos inteligentes ou ser conectados por meio de pequenas interfaces a uma rede de dados para que possam ser utilizados por qualquer sistema doméstico.

No mercado de automação existe uma variedade muito grande de sensores que possibilitam o monitoramento de inúmeras grandezas físicas e eventos. Basicamente, são os sensores que retornam a informação de um evento permitindo que o controlador saiba se uma acção enviada foi executada com sucesso ou não. Uma bomba de água, por exemplo, só para de funcionar quando o sensor de nível retorna a informação de cheio para o controlador local que é quem efectivamente controla a bomba. Pode-se, no entanto, enviar tal informação para uma central com propósitos diversos, como um meio de informação aos moradores que há água suficiente ou não para todos tomarem banho. O mesmo acontece com um aquecedor que liga ou desliga a chama dependendo da temperatura acusada por um sensor.

Uma falha na detecção ou mesmo o mau posicionamento do sensor pode ocasionar um erro de leitura causando uma situação de risco. Os sistemas de controle devem ser projetados sempre pensando na segurança do usuário.

2.7. Sistema operativo Android

Hoje em dia, milhões de pessoas estão usando dispositivos móveis, *smartphones* e *tablets*. Android funciona como um sistema operativo baseado em Linux para estes dispositivos. Actualmente é desenvolvido pelo Google (Mohan, 2013). Existem outros sistemas operativos para *smartphones*, contudo, este conquistou o mercado e tem sido o mais popular nos últimos 7 anos. A figura 6 apresenta a quota global de mercado detida pelos sistemas operativos de *smartphones* líderes em vendas para usuários finais do 1º trimestre de 2009 a 1º trimestre 2016 (Statista, 2007).

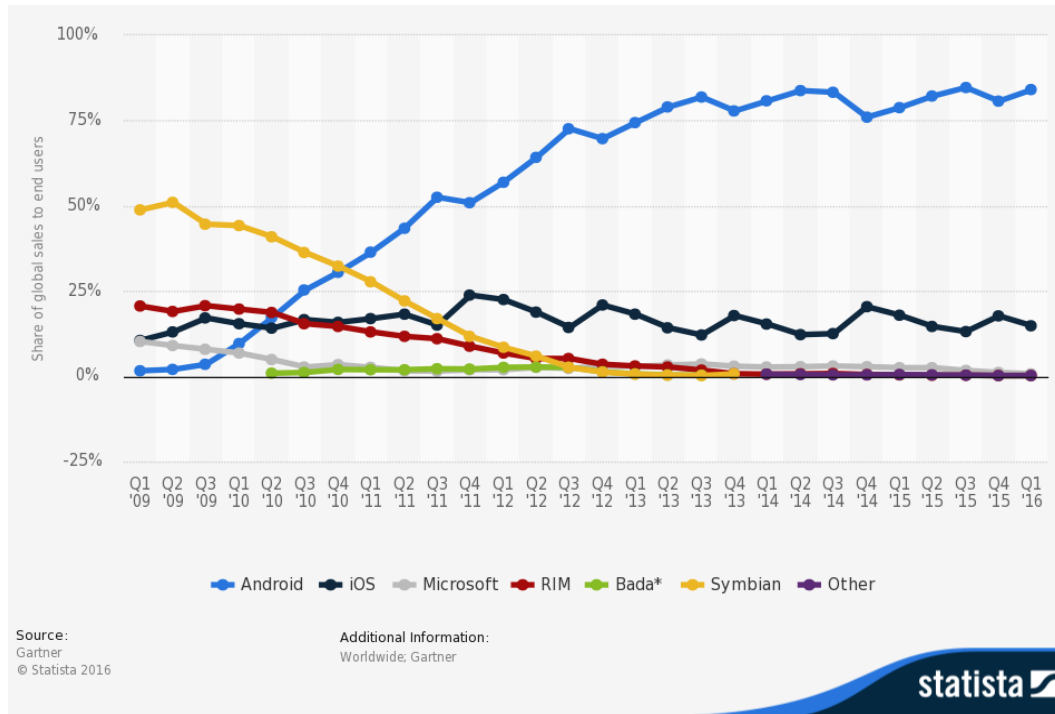


Figura 6: Venda de Smartphones (2009-2016)

3. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

3.1. Descrição do sistema

O sistema em causa faz a gestão dos seguintes sistemas domésticos: segurança, climatização e iluminação. Para interagir com o sistema o utilizador dispõe de uma aplicação Android (que deve ser instalada num *smartphone*) e oferece um conjunto de interfaces gráficas para a monitorização e controlo remoto.

Este sistema tem dois modos de funcionamento: o modo local e o modo remoto. No modo remoto, sempre que o utilizador precisa interagir com o sistema, recorre ao *smartphone* que deve estar ligado a internet ou a uma rede *Wi-Fi* instalada na residência, para poder enviar as instruções de controlo ou monitorização ao Arduino. A aplicação permite agendar uma hora específica para accionar os sistemas, visualizar o seu estado actual, e receber notificações sobre situações indesejadas tais como: A detecção de intrusão e uso de aparelhos em condições inadequadas (por exemplo, luzes exteriores ligadas durante o dia). O sistema anti-intrusão é baseada em sensores de movimento, e sensores magnéticos que sinalizam situações de perigo na residência sob protecção. Quando a intrusão for detectada, acciona-se uma sirene e simultaneamente envia-se uma notificação ao utilizador através da aplicação. Alternativamente, pode-se usar o sistema no modo local para accionar os sistemas de iluminação e climatização, em situações em que o utilizador encontra-se na residência e não dispõe imediatamente do *smartphone*, ou, sente-se mais comodo em executar as tarefas manualmente. Os sistemas e aparelhos a serem controlados são definidos pelo utilizador.

Este sistema foi desenvolvido de modo a permitir que outros sistemas ou aparelhos (sistema de detecção de incêndio, sistema de portão automático, sistema de rega automática, entre outros) sejam integrados com facilidade de forma a estender as suas funcionalidades consoante as necessidades do utilizador.

3.2. Arquitectura do sistema

O sistema é constituído de três blocos que interagem entre si para executar tarefas, nomeadamente: O *smartphone*, a unidade de controlo, e a unidade de execução (constituído de sensores, circuitos de controlo e monitorização) (Figura 7). O *smartphone* actua como interface do utilizador no sistema, através do envio de instruções da aplicação para a unidade de controlo, portanto, pressupõe a existência de uma rede (*internet* ou *Wi-Fi*). Este executa o sistema operativo Android e hospeda a aplicação que faz a gestão dos sistemas domésticos.

A unidade de controlo é composta do Arduino e o micro servidor web que permite o Arduino conectar-se a *internet* através de uma porta RJ45. O micro servidor é aco- plado ao Arduino, e liga-se a um roteador ou *Hub* através de um cabo *ethernet* (cat5 ou cat6). Este bloco é responsável por comunicar com sensores, accionar dispositivos, e emitir notificações sobre eventos do sistema.

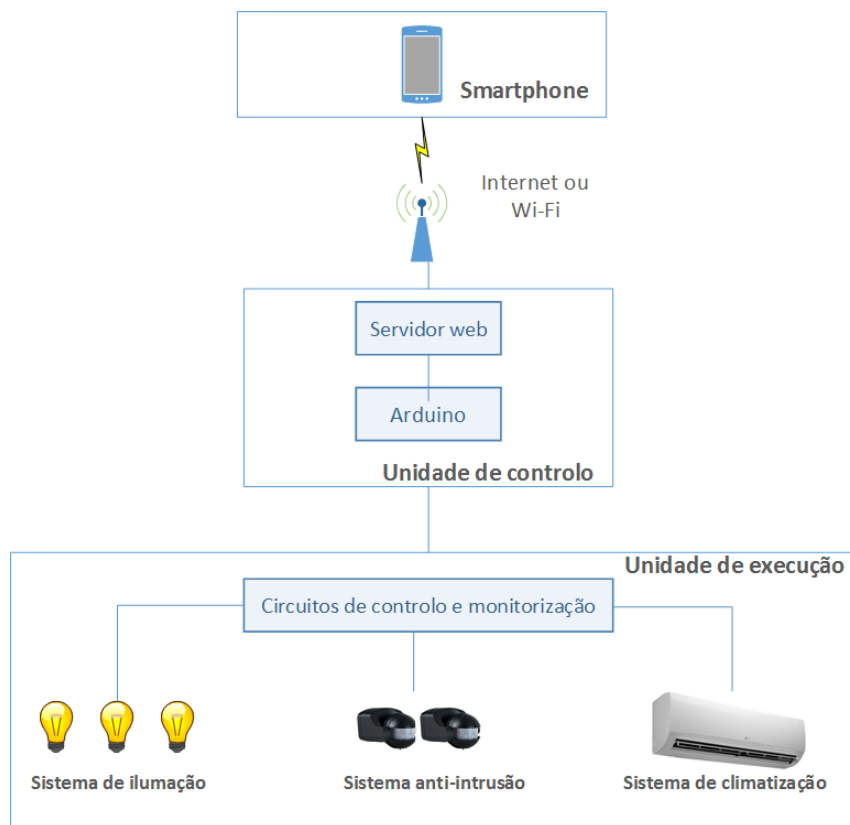


Figura 7: Arquitectura do sistema

Os circuitos de controlo e monitorização são compostos de sensores e actuadores que executam as diferentes tarefas do sistema. Estes circuitos foram instalados numa placa de circuito e estão ligados aos pinos do Arduino através de pequenos cabos eléctricos.

3.3. Especificações funcionais

O sistema desempenha as seguintes Funções:

1. Permite autenticar o utilizador através de “*login*” com nome e senha introduzidas na aplicação;
2. Permite accionar os sistemas domésticos;
3. Permite agendar tarefas para accionar os sistemas domésticos;
4. Permite visualizar o estado actual dos sistemas domésticos;
5. Enviar notificações ao utilizador sobre os eventos do sistema através da aplicação.
6. Permite o controlo manual dos sistemas domésticos;
7. Permite detectar a intrusão, activar a sirene e simultaneamente notificar o utilizador através da aplicação.
8. Permite configurar parâmetros de comunicação da aplicação com o micro servidor web.

3.4. Hardware

Os Principais componentes de *hardware* são os seguintes:

- Arduino UNO R3
- Micro servidor web (Ethernet Shield)
- Roteador *Wi-Fi*
- Circuitos de controlo
- Circuitos de monitorização

As instruções de controlo são enviadas a partir do *smartphone* para o micro servidor, que por sua vez encaminha essa informação para Arduino. Este recebe-as em forma de *strings*⁶ e de seguida faz a interpretação para saber que tarefa deve executar. A figura a seguir ilustra o esquema geral do *hardware* do sistema.

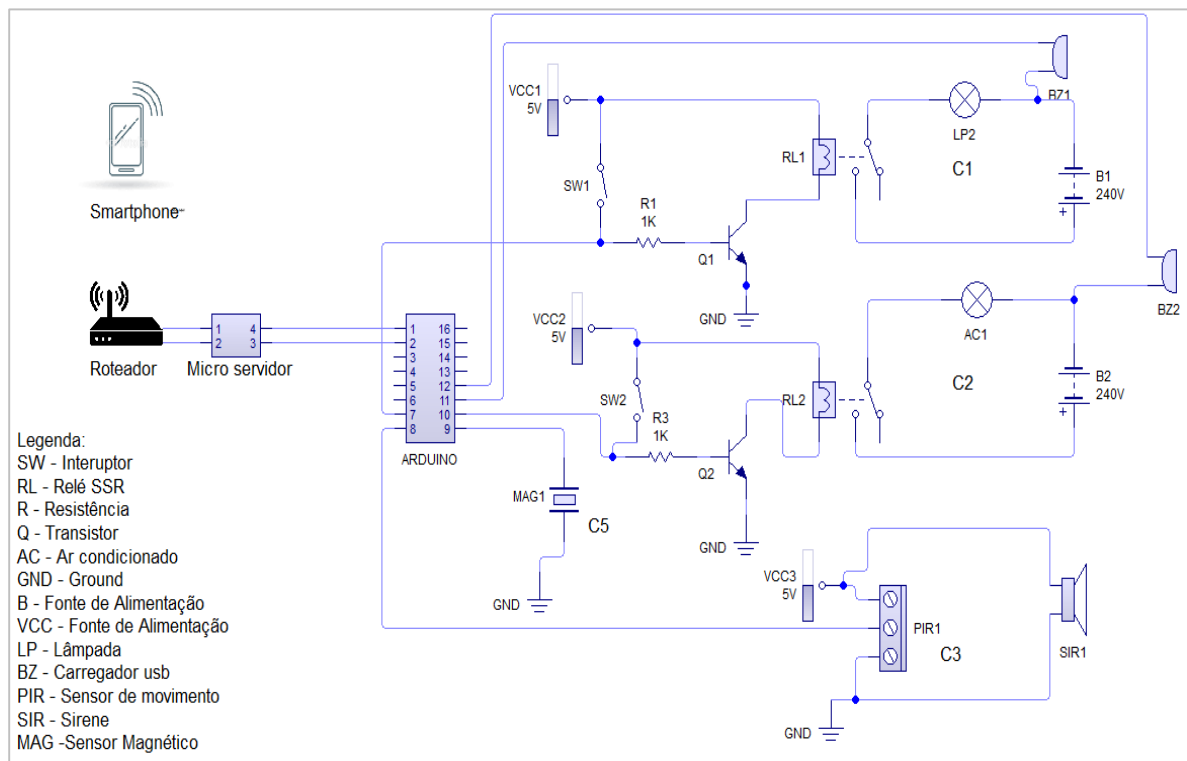


Figura 8: Esquema do hardware do sistema

Circuitos que funcionam com tensões elevadas ou altas correntes não podem ser controlados directamente por Arduino. Para contornar isso, usa-se um sinal de controlo de baixa tensão do Arduino para controlar um relé, que é capaz de lidar e comutar circuitos de alta tensão (Writers ,2016) .Para monitorar os sistemas de iluminação e climatização usou-se se um conversor de tensão AC/DC ligado a malha na qual pertencem estes sistemas. A saída do conversor está ligada aos pinos digitais do Arduino e converte a energia de alta tensão (220-240V) presente na malha, para correntes mais baixas (5V) que são lidas pelo Arduino. É necessário usar uma fonte de alimentação externa (VCC) que está entre 5 a 9V para ligar o Arduino, e os circuitos de accionamento. Os aparelhos usam sua própria fonte de alimentação, geralmente de 220V.

3.4.1. Circuito de monitorização e controlo do sistema de iluminação

O accionamento do sistema de iluminação depende do *output* fornecido no pino digital do Arduino. Quando o pino 1 fica no estado *HIGH*, ou seja 5V no pino 1, esta tensão é usada para accionar o transístor que vai ligar o relé, e as lâmpadas serão alimentadas a partir da principal fonte de alimentação B1, dado que o circuito estará fechado. O interruptor SW1 permite o controlo manual do sistema de iluminação, ou seja, quando o utilizador estiver na residência pode usar este interruptor para accionar o sistema sem utilizar o *smartphone*. A figura 9 ilustra o circuito para controlar e monitorar o sistema de iluminação.

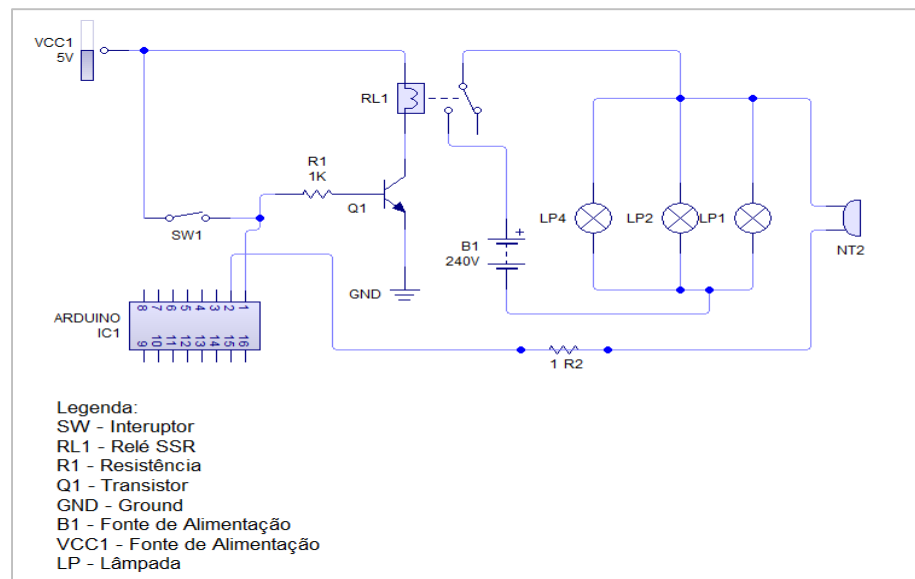


Figura 9: Esquema do circuito de controlo e monitorização do sistema de iluminação

3.4.2. Circuito de Monitorização e controlo do sistema de anti-intrusão

O sistema de segurança é baseado em detecção de intrusão, por um lado através de sensores magnéticos que são instalados nas portas ou janelas e por outro através de sensores de movimento. O sensor magnético utilizado neste projecto é o MC-38 (vide figura A5-20 do anexo 5), este foi escolhido pelo facto de ser de fácil instalação e configuração. A parte magnética é afixada na porta ou janela e a parte metálica é afixada nos aros. O sensor e íman fecham ou abrem o circuito se eles estiverem perto ou longe um do outro. Uma entrada do sensor é ligada ao terra (GND) e a outra é alimentada por uma fonte externa de 5V, foi feita uma configuração de *pull-down*¹² para eliminar ruídos provenientes da fonte de alimentação V1. A figura 10 ilustra o esquema do circuito de anti-intrusão baseado num sensor magnético.

¹² Resistores pull-up são usados em circuitos lógicos eletrônicos para garantir que as entradas para o arduino contem em níveis lógicos esperados se dispositivos externos são desligados ou de alta impedância. [citado 25/06/2016: <http://playground.arduino.cc/CommonTopics/PullUpDownResistor>]

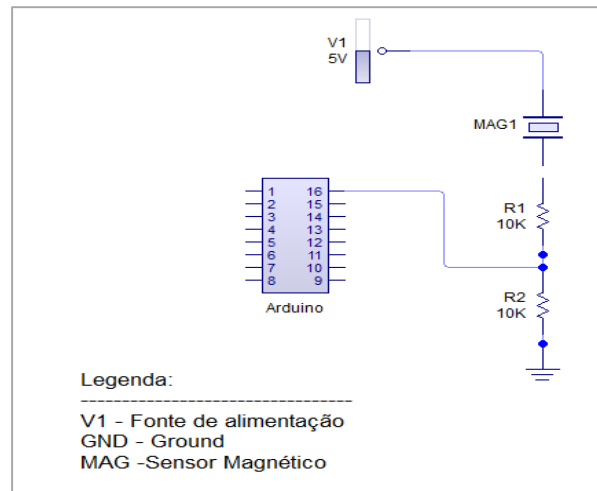


Figura 10: Esquema do circuito para detectar manuseio de portas ou janelas

3.4.3. Circuito de Monitorização e controlo do sistema de detecção de movimento

A detecção de movimento é feita através de sensores PIR que actua como uma saída digital, portanto, coloca-se o arduino a monitorar o estado *HIGH* (movimento detectado) ou *LOW* (não detectado). A figura a seguir, ilustra o esquema de ligação entre o sensor PIR e o Arduino.

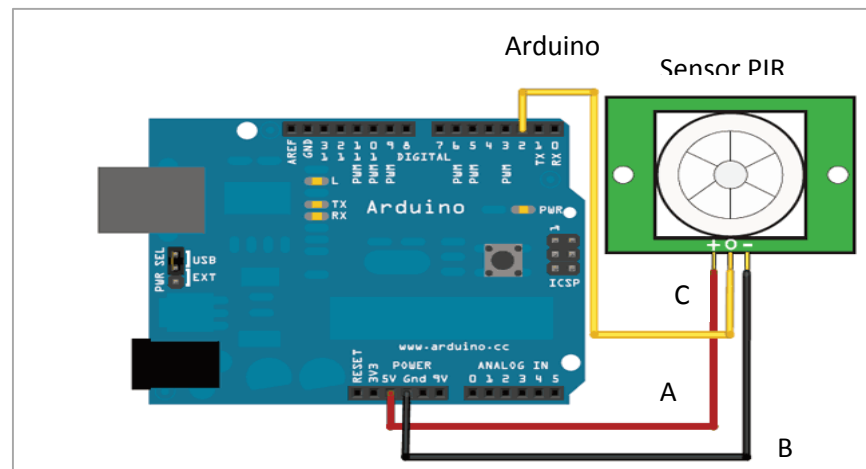


Figura 11: Esquema do circuito de detecção de movimento¹³

¹³ **Adafruit.** Using a PIR. [Online] [Citação: 12 de Abril de 2016.] <https://lern.adafruit.com/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor/using-a-pir>.

A saída do sensor (condutor C) é ligada a um dos pinos digitais do Arduino configurado no modo *input*. O condutor A é ligado a uma fonte de tensão de 5V e o condutor B é ligado a terra (GND). Quando o sensor detecta movimento envia uma tensão de 5V para a saída.

3.4.4. Circuito de monitorização e controlo do sistema de climatização

A figura 12 ilustra o esquema utilizado para controlar o sistema de climatização.

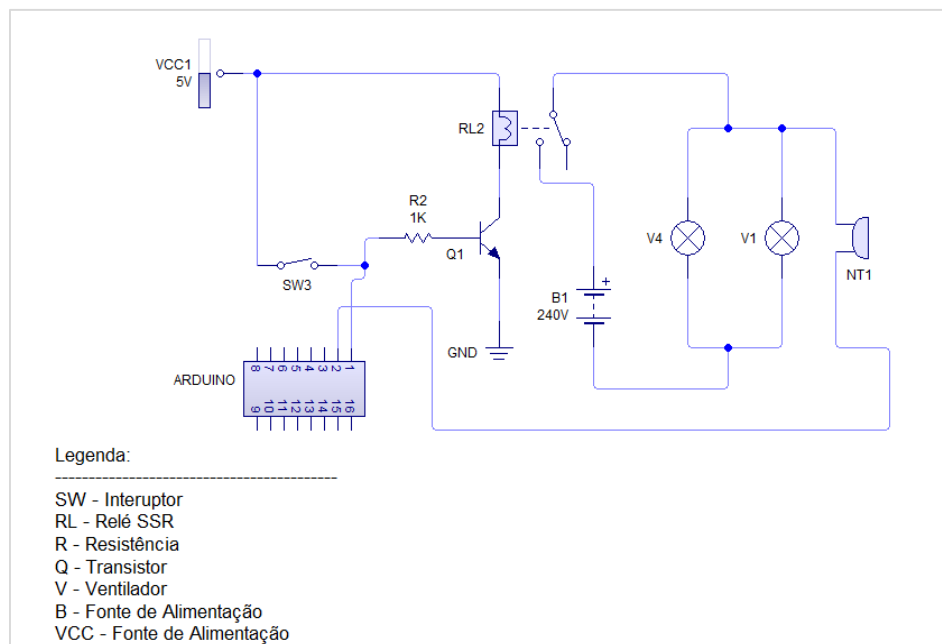


Figura 12: Esquema do circuito de controlo e monitorização do sistema de climatização

O accionamento do sistema de climatização depende do *output* fornecido no pino digital do Arduino. Quando o pino 1 fica no estado *HIGH*, ou seja 5V no pino 1, esta tensão é usada para accionar o transístor que vai ligar o relé, e os aparelhos (AC ou ventiladores) serão alimentados a partir da principal fonte de alimentação B1, pois, o circuito estará fechado. O interruptor SW1 permite o controlo manual do sistema de

iluminação, ou seja, quando o utilizador estiver na residência pode usar este interruptor para accionar manualmente o sistema sem utilizar o *smartphone*.

3.5. Software

O sistema é constituído de dois *softwares*: A aplicação Android que será executada no *smartphone* e o *firmware* que será executado no Arduino. A aplicação contém um conjunto de interfaces gráficas que permitem o utilizador fazer a gestão dos sistemas domésticos, e não necessita de estar conectada constantemente ao Arduino, apenas quando for enviar alguma instrução. Foi desenvolvida usando o IDE Android Studio 2.0. O *firmware*, é composto de código fonte para executar as tarefas do sistema a nível do físico.

3.5.1. Aplicação Android

O desenho da aplicação baseou-se na linguagem de modelação UML⁹. Os artefactos produzidos na fase de análise e desenho são apresentados nos anexos 1 e 2. A seguir são apresentados os fluxogramas que representam os algoritmos mais importantes na execução das operações do sistema a nível da aplicação.

3.5.2. Fluxograma de visualização do estado dos dispositivos ou aparelhos

No sistema, todos dispositivos e aparelhos que pretende-se monitorar tem estados: Ligado ou desligado para o caso das lâmpadas, AC e ventiladores. Armado, desarmado, ou alarme para os sensores. Quando aberta, a aplicação mostra o último estado obtido, no entanto, o utilizador pode actualizar o estado dos dispositivos ou equipamentos, se estiver ligado a rede. A figura 13 ilustra os passos necessários para a visualização do estado dos dispositivos.

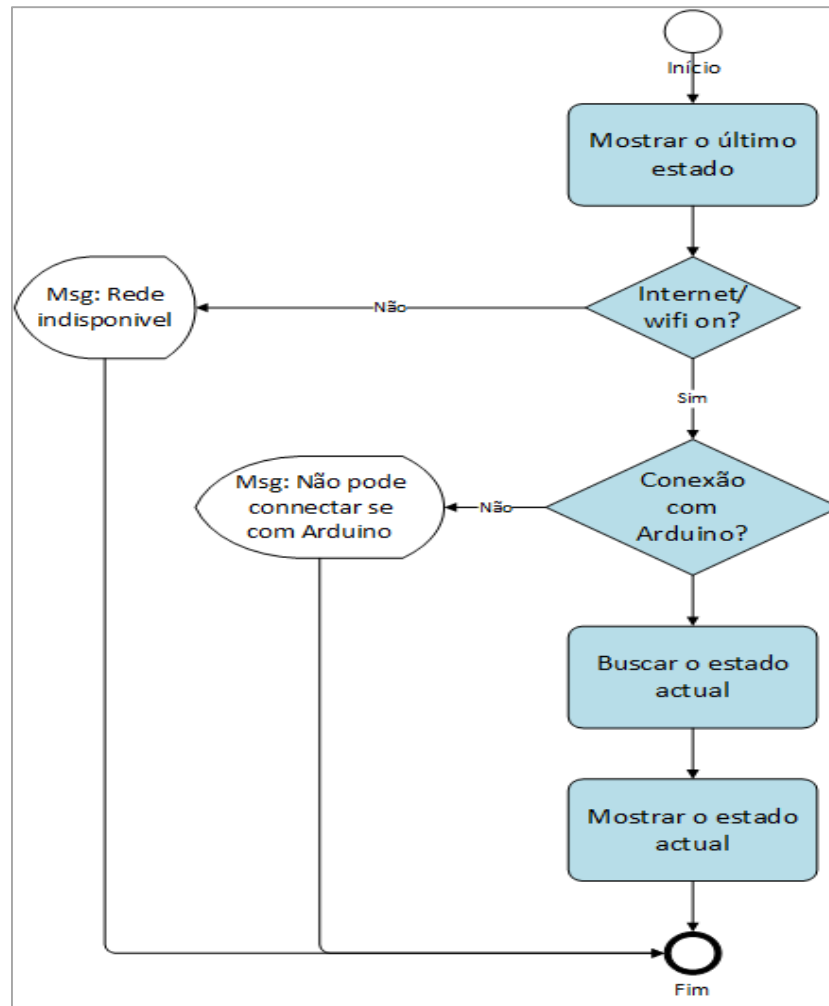


Figura 13: Fluxograma de visualização do estado dos dispositivos

3.5.3. Fluxograma de accionamento de dispositivos ou aparelhos

No contexto deste sistema, accionar um dispositivo significa liga-lo ou desliga-lo para o caso das lâmpadas, AC, ventiladores e armar ou desarmar para o caso dos sensores. Antes de accionar um dispositivo o sistema verifica o seu estado actual, para poder permitir a acção contrária, isto é, se o dispositivo estiver ligado ou armado então só podemos desliga-lo ou desarma-lo e vice-versa. O accionamento através da aplicação só é possível se a *smartphone* estiver ligado a rede. A figura 14 ilustra os passos para accionar um dispositivo ou aparelho.

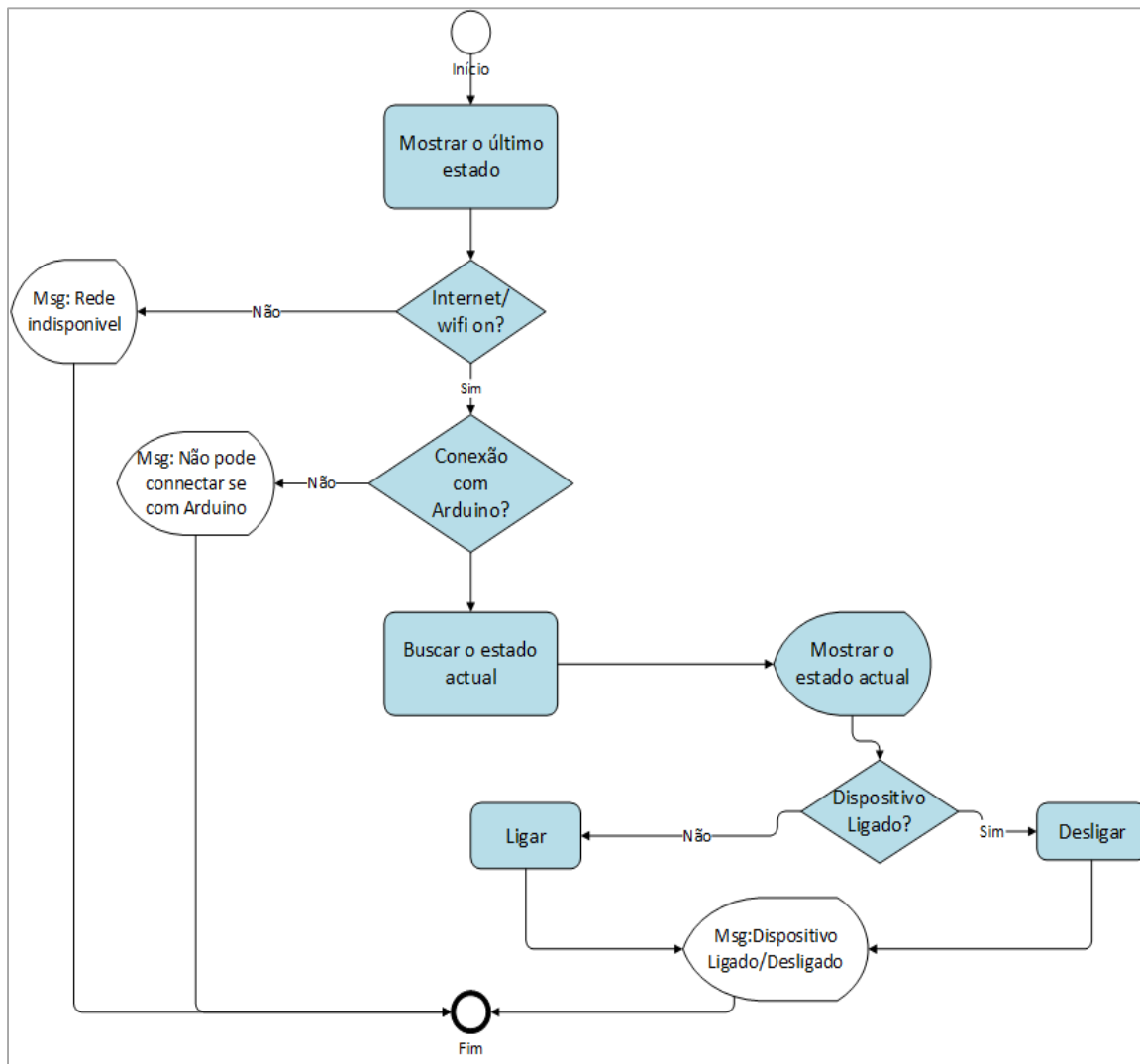


Figura 14: Fluxograma de accionamento de dispositivos ou equipamentos

3.5.4. Fluxograma de agendamento de tarefas

Em certas situações o utilizador pode desejar agendar uma tarefa, por exemplo, ligar ou desligar lâmpadas numa determina data e hora. Quando o *smartphone* estiver ligado a rede, a aplicação envia a informação sobre o agendamento da tarefa para o Arduino, e este encarrega-se de executa-la na data e hora programada. Opcionalmente pode-se agendar a tarefa na aplicação em situações em que não há disponibilidade da rede, e quando a ligação se estabelecer a aplicação enviará a informação ao Arduino. A figura 15 ilustra o procedimento para agendamento de tarefas.

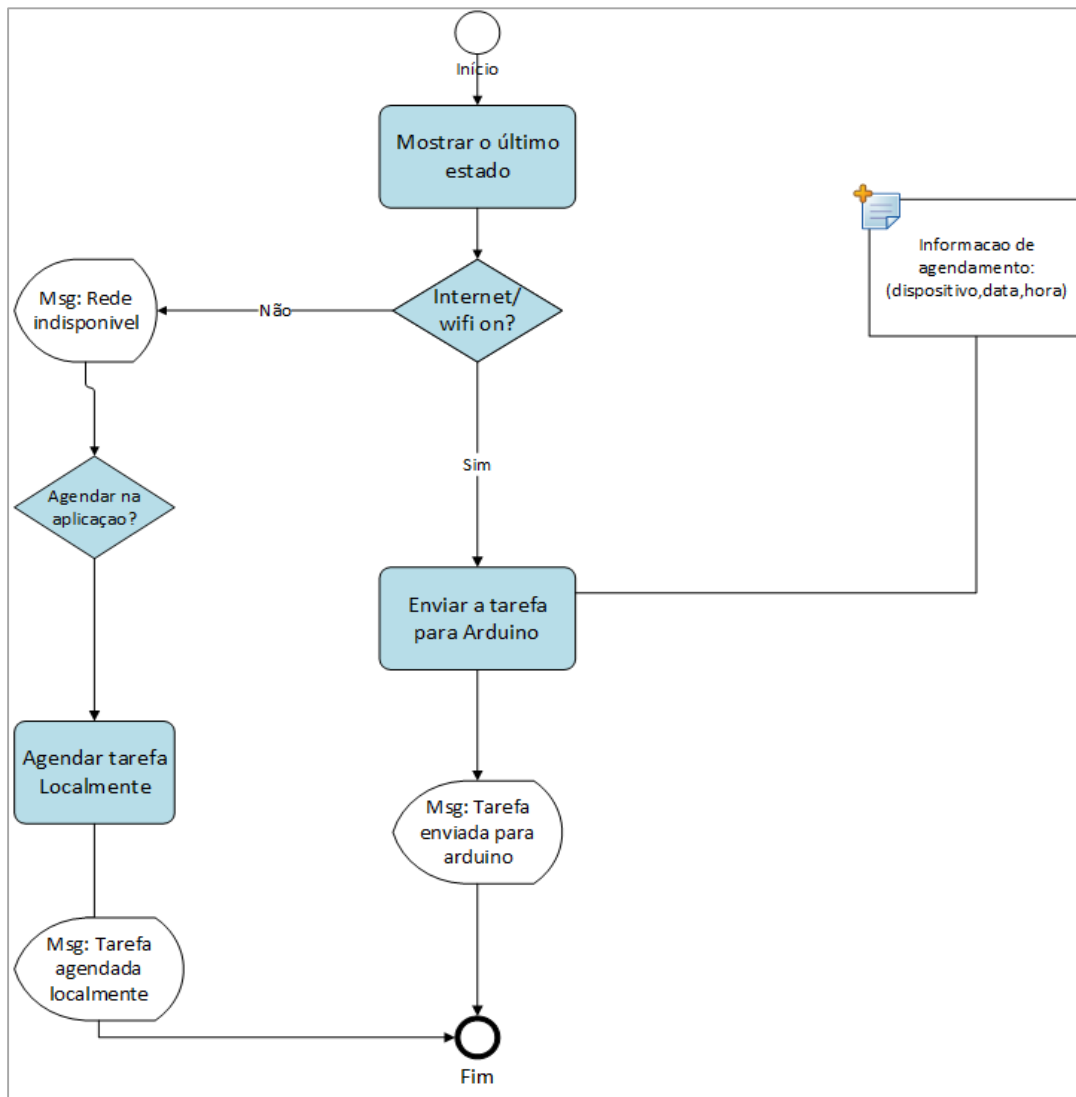


Figura 15: Fluxograma de agendamento de tarefas

3.5.5. Interfaces gráficas

As interfaces gráficas da aplicação são apresentados no anexo 4.

- A figura A4-19 ilustra o menu principal.
- A figura A4-20 ilustra a interface de visualização do estado do sistema de iluminação.
- A figura A4-21 ilustra a interface de visualização do estado do sistema de climatização.
- A figura A4-22 ilustra a interface de visualização do estado do sistema de segurança.
- A figura A4-23 ilustra a interface de gestão dos dispositivos.
- A figura A4-24 ilustra a interface de gestão de lugares da residência.
- A figura A4-25 ilustra interface de alarmes do sistema.
- A figura A4-26 ilustra a interface de configuração do sistema

3.5.6. Firmware

O *firmware* consiste de um conjunto de sub-rotinas para executar as tarefas a nível do Arduino. Para cada tarefa há uma sub-rotina responsável pela sua execução. No Arduino após a função denominada *setup()*, que inicializa e declara os valores iniciais, a função *loop()* repete-se continuamente permitindo que o programa funcione dinamicamente ficando à escuta de sinais gerados pelos dispositivos ou instruções enviadas pela aplicação. O código fonte do *firmware* está disponível no disco compacto (CD) que acompanha o relatório.

A seguir são apresentados os fluxogramas que representam os algoritmos mais importantes na execução das tarefas do sistema a nível do Arduino.

3.5.7. Fluxograma de accionamento de dispositivos ou aparelhos

O Arduino recebe a instrução enviada pela aplicação, interpreta-a e executa a operação correspondente. A seguir é ilustrado o procedimento para accionar um dispositivo ou aparelho ligado ao Arduino.

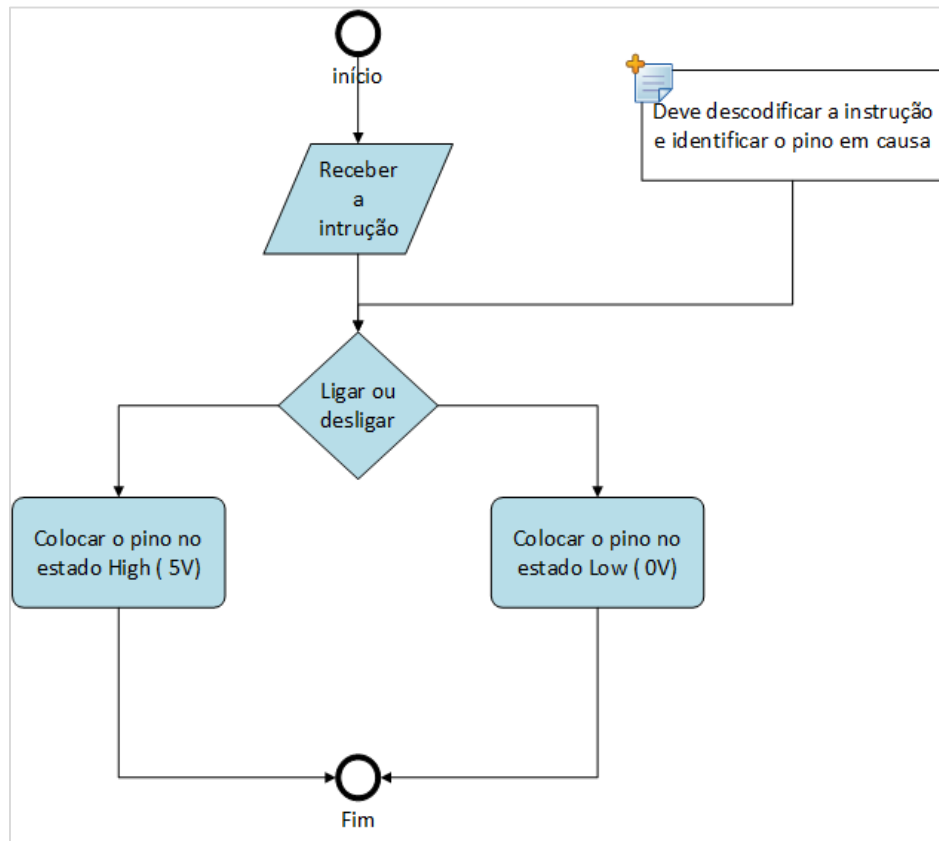


Figura 16: Fluxograma de accionamento de dispositivos

3.5.8. Fluxograma de agendamento de tarefas

Arduino armazena a informação sobre o agendamento na memória EEPROM. Existe uma sub-rotina que estará continuamente a verificar a memória para saber se existe alguma tarefa por executar. A figura a seguir ilustra este procedimento.

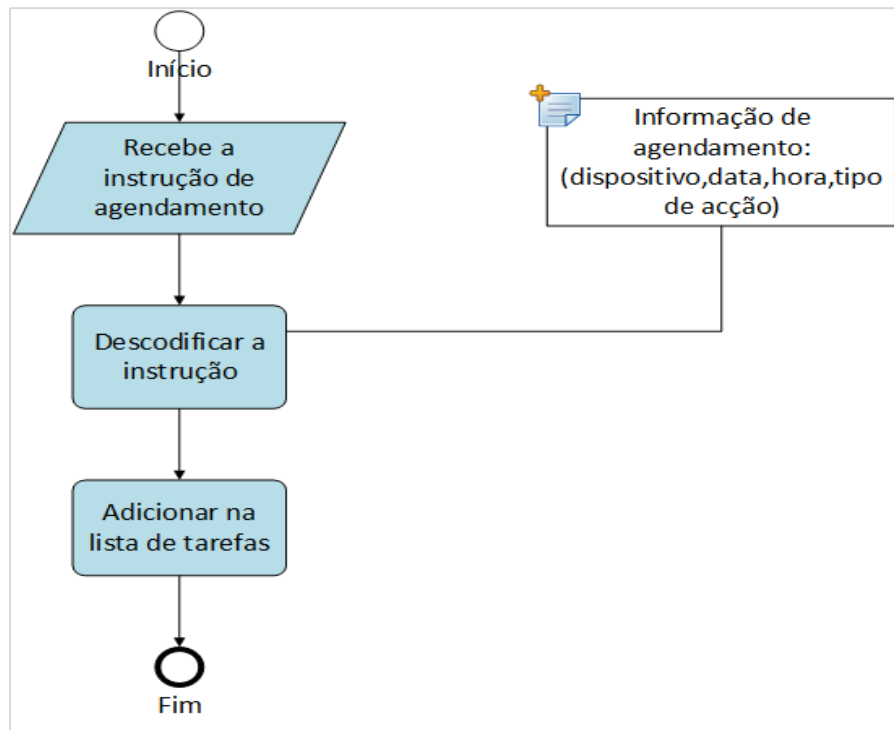


Figura 17: Fluxograma de agendamento de tarefas

3.5.9. Fluxograma de detecção de intrusão

O sistema de detecção de intrusão é composto por dispositivos periféricos (sensores magnéticos e de movimento) colocados em locais estratégicos com o objectivo assegurar a protecção de determinados espaços consoante o grau de segurança pretendido. O Arduino estará constantemente a ler a saída destes dispositivos para verificar se existe ou não um alarme (disparado pelos dispositivos, quando detectam movimento, ou portas e janelas quando abertas). A figura 18 ilustra o procedimento de detecção de intrusão.

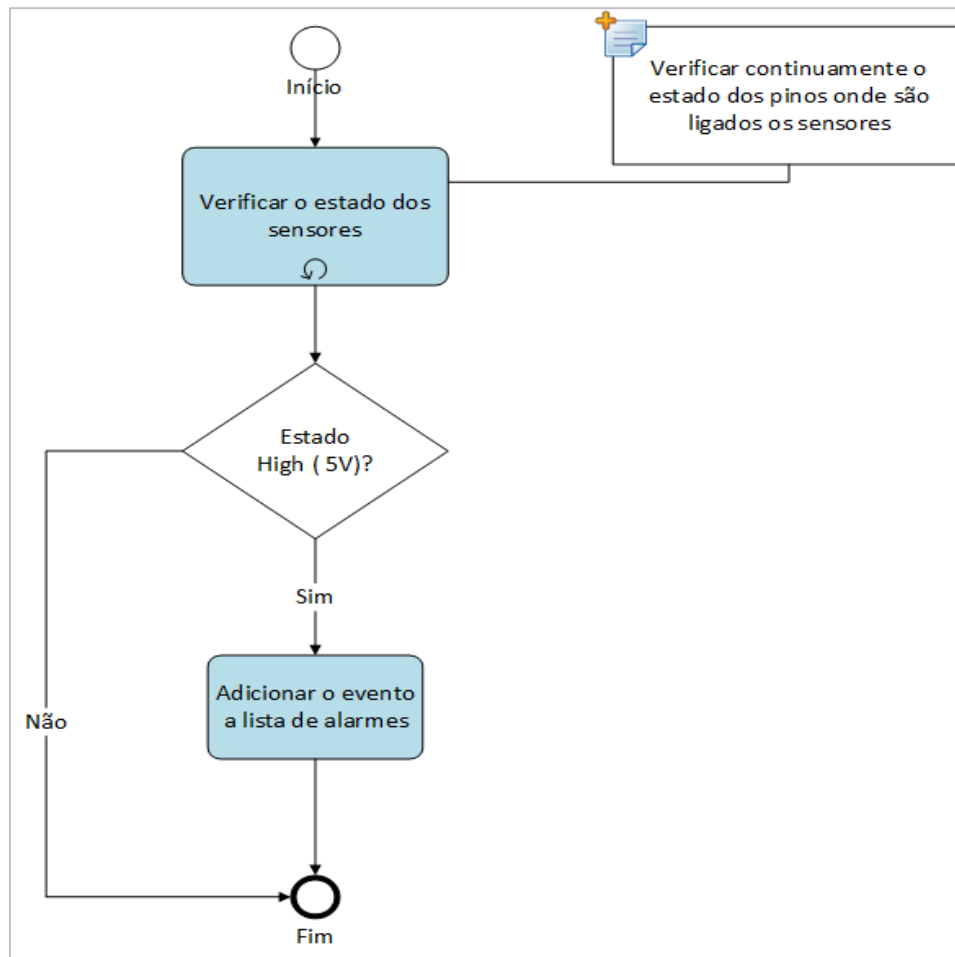


Figura 18: Fluxograma de detecção de intrusão

3.6. Testes de funcionalidade

Nesta etapa foram feitos três tipos de testes: os testes unitários, os testes de carga (stress) e os testes de integração. Os testes unitários examinaram o comportamento de cada unidade de trabalho (que pode ser um dispositivo, um aparelho ou uma porção de código) funcionando isoladamente. Este teste consistiu em enviar parâmetros para funções e métodos e observar o comportamento. Os testes de carga examinaram o comportamento do sistema em casos de envio excessivo de instruções do *smartphone* para Arduino, isto, é executar várias operações em pequenos intervalos de tempo (menos de 6 segundos). E por fim os testes de integração que examinaram a interação entre o *software* e o *hardware* do sistema.

Os resultados apresentados a seguir são alguns exemplos dos testes efectuados obtidos através da interface de *debugging*¹³ do Arduino (denominado serial monitor), e observando a interface gráfica da aplicação. Também foram instalados *softwares* para teste de comunicação: packetsender (disponível gratuitamente no website <https://packetsender.com/>) para testar o envio e recepção de pacotes UDP, e netcat¹⁴ para teste de conexões TCP e UDP.

3.6.1. Arduino *debugging*

A ferramenta *serial monitor* permitiu visualizar os *outputs* das sub-rotinas de *firmware*, e dos sensores quando se fazia os testes unitários. A figura 19 ilustra um caso de teste unitário do estado dos pinos 6 e 7 (ligados aos sensores magnéticos) e do pino 8 (sensor de movimento). Os resultados formam impressos na interface gráfica do serial monitor. O valor 1 significa que Arduino esta receber um sinal de 5V do sensor, enquanto o valor 0 significa que o sinal recebido é de 0V. É necessário ligar o Arduino ao computador através dum cabo USB para poder activar esta ferramenta.

¹³ **Debugging** (em português: depuração) é o processo de encontrar e reduzir defeitos numa aplicação ou mesmo em hardware. [online: 30/06/2016] (<https://pt.wikipedia.org/wiki/Depuração>)

¹⁴ **Netcat** é uma ferramenta de rede que lê e escreve dados através de conexões de rede, usando o protocolo TCP / IP (vide <http://netcat.sourceforge.net/> para mais informações)

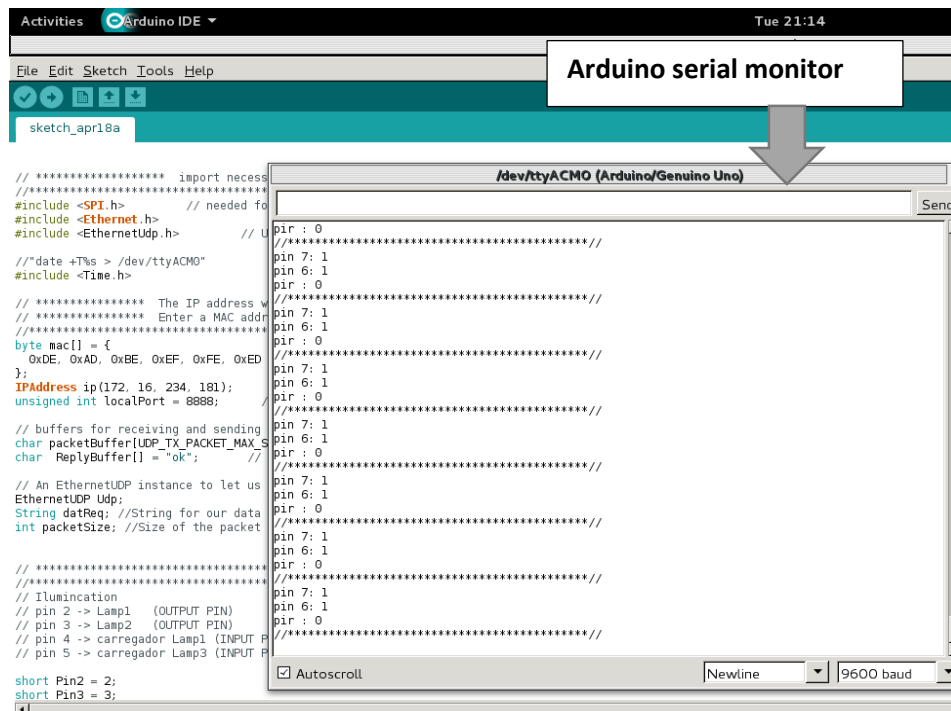


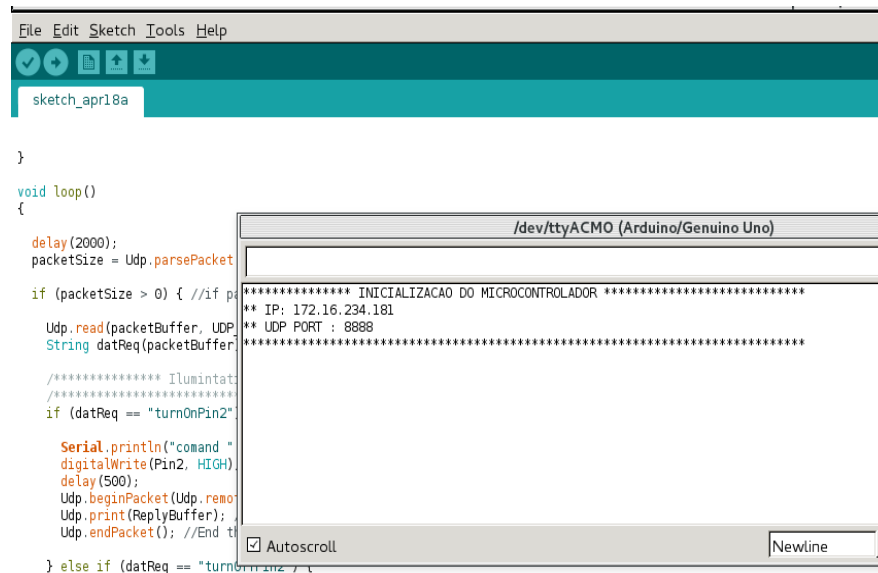
Figura 19: Arduino serial monitor (testes unitários dos sensores)

3.6.2. Inicialização do Arduino

O Arduino sempre que inicializado é configurado por padrão com dois valores iniciais: o endereço IP e porta UDP, que servem para comunicação entre o Arduino e a aplicação. Este teste foi feito com o recurso do *serial monitor* para visualizar os valores da configuração inicial. Ao ser alimentado, o Arduino apresentou as seguintes configurações:

- Endereço MAC: 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED;
- Endereço de rede IP: 172.16.234.181;
- Porta UDP:8888.

A figura 20 ilustra o serial monitor , com os valores iniciais do Arduino.



```

File Edit Sketch Tools Help
sketch_apr18a

}

void loop()
{
  delay(2000);
  packetSize = Udp.parsePacket();
  if (packetSize > 0) { //if packet received
    Udp.read(packetBuffer, UDP_PACKET_SIZE);
    String datReq(packetBuffer);

    /***** Iluminata *****/
    /***** *****/
    if (datReq == "turnOnPin2")
      Serial.println("comand ");
      digitalWrite(Pin2, HIGH);
      delay(500);
      Udp.beginPacket(Udp.remoteIP(), Udp.remotePort());
      Udp.print(ReplyBuffer);
      Udp.endPacket(); //End transmission
    } else if (datReq == "turnOffPin2")

```

```

/dev/ttyACMO (Arduino/Genuino Uno)

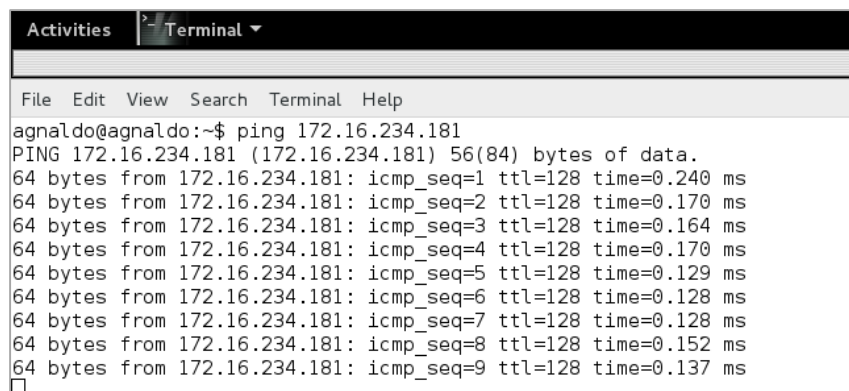
***** INICIALIZACAO DO MICROCONTROLADOR *****
** IP: 172.16.234.181
** UDP PORT : 8888
*****
Autoscroll Newline

```

Figura 20: Resultado de inicialização do Arduino

3.6.3. Conectividade

Para verificar se o Arduino esta conectada a rede IP, foi utilizada a ferramenta Ping¹⁵. Para efectuar o teste de conectividade, o computador foi conectado ao servidor web através de um cabo RJ45.



```

Activities Terminal
File Edit View Search Terminal Help
agnaldo@agnaldo:~$ ping 172.16.234.181
PING 172.16.234.181 (172.16.234.181) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 172.16.234.181: icmp_seq=1 ttl=128 time=0.240 ms
64 bytes from 172.16.234.181: icmp_seq=2 ttl=128 time=0.170 ms
64 bytes from 172.16.234.181: icmp_seq=3 ttl=128 time=0.164 ms
64 bytes from 172.16.234.181: icmp_seq=4 ttl=128 time=0.170 ms
64 bytes from 172.16.234.181: icmp_seq=5 ttl=128 time=0.129 ms
64 bytes from 172.16.234.181: icmp_seq=6 ttl=128 time=0.128 ms
64 bytes from 172.16.234.181: icmp_seq=7 ttl=128 time=0.128 ms
64 bytes from 172.16.234.181: icmp_seq=8 ttl=128 time=0.152 ms
64 bytes from 172.16.234.181: icmp_seq=9 ttl=128 time=0.137 ms

```

Figura 21: Resultado do teste ping ao Arduino

¹⁵ **Ping** é uma ferramenta administrativa de rede de computadores utilizada para testar a acessibilidade de um computador numa rede IP.

3.6.4. Monitorização periódica de eventos

Após a inicialização o Arduino executa periodicamente 3 sub-rotinas: a primeira verifica se alguma instrução foi enviada por um cliente UDP (a *aplicação*), se sim, interpreta e executa a instrução. A segunda sub-rotina verifica o estado dos sensores magnéticos, e a terceira verifica o estado do sensor de movimento. Quando a intrusão for detectada a aplicação receberá uma notificação sobre a data e hora do evento e o dispositivo que disparou o alarme. A figura a seguir ilustra a notificação recebida pela aplicação quando a intrusão for detectada.

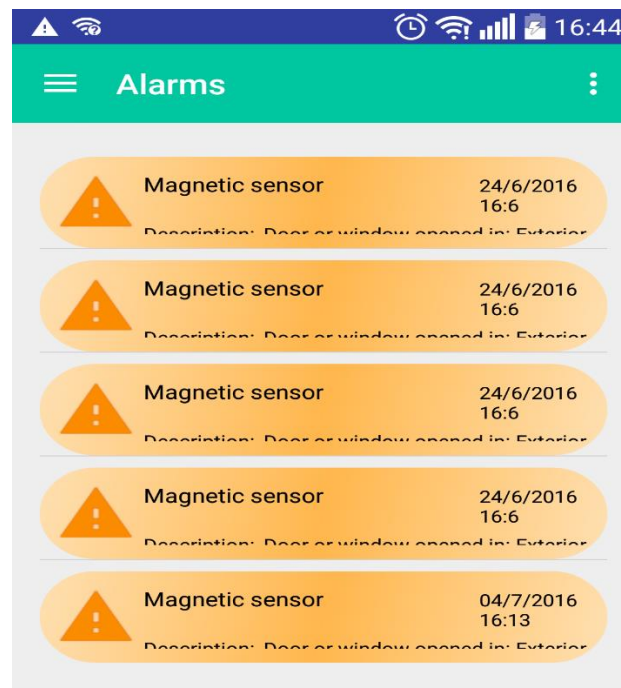


Figura 22:Notificação sobre intrusão

3.6.5. Accionamento de dispositivos

O Teste de accionamento de dispositivos consistiu no envio de instruções através do protocolo UDP da aplicação para o Arduino. No Arduino, cada instrução tem associado uma sub-rotina que executa uma determinada tarefa. Após a execução da tarefa o Arduino envia uma mensagem a aplicação a confirmar se a operação foi

executada com ou sem sucesso. A figura a seguir ilustra o resultado de teste de acionamento de uma lâmpada, a situação em “A” quando a lâmpada esta desligada e a situação em “B” quando a lâmpada está ligada.

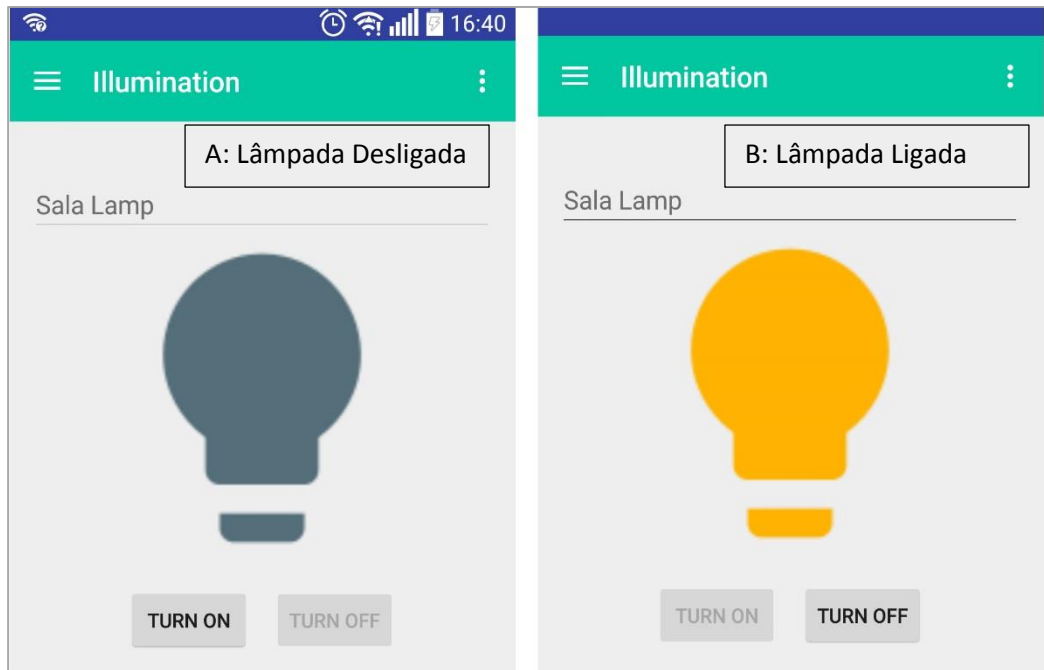


Figura 23:Resultado de accionamento de uma lâmpada

3.7. Custo de aquisição dos materiais

Os valores apresentados na tabela a seguir correspondem ao custo de aquisição do material usado na construção do protótipo. Os *softwares* utilizados no desenvolvimento da aplicação e do *firmware* são grátis.

O custo de aquisição de material pode variar consoante os sistemas domésticos a serem integrados, porque cada sistema requer um tipo específico de dispositivos ou equipamentos.

#	Material	Quantidade	Preço (em usd)
1	Microcontrolador	1	56,00
2	Ethernet Shield	1	6,00
3	Módulo de reles	1	3,00
4	Sensor Magnético	1	3,00
5	Sensor de Movimento	1	3,00
6	Lâmpada	3	7,00
7	Cabos elétricos	1	4,00
8	Placa de circuito	1	1,00
9	Alicate	1	5,00
10	Estanho	1	5,00
11	Roteador Sem fios	1	35,00
12	Cabo de rede UTP Cat5	1	3,00
13	Bateria 9V	1	6,00
14	Junta Elétrica	1	1,00
15	Tomadas	3	6,00
16	Fichas	3	2,00
17	Base de lâmpada	3	3,00
18	Taxa de levantamento de encomendas	2	4,00
		TOTAL	153,00

Tabela 2: Custo de aquisição do material

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1. Trabalhos Futuros

As sugestões de trabalhos futuros no tema são:

- Utilizar o protocolo Zig-Bee e *bluetooth* para comunicação sem fios entre os dispositivos. Neste projecto a comunicações entre os sensores e o Arduino é feita usando condutores elétricos longos o que pode gerar 2 problemas: O primeiro é um problema estético, pois, torna-se difícil colocar condutores nas paredes da casa sem interferir na estética, por conseguinte, é mais prático utilizar tecnologias de comunicação sem fios. O segundo problema é que quando mais longo forem os condutores, maior será a probabilidade de existir flutuações nos pinos do Arduino, estas situações podem gerar alarmes falsos no sistema, criando um constrangimento para o utilizador.
- Desenvolver a aplicação para outras plataformas, tais como o iOS e Windows phone. A plataforma Android é a mais predominante no mercado de *smartphones*, no entanto, para poder abranger a maioria dos utilizadores será desenvolvida a aplicação noutras plataformas.
- Implementar o sistema com a tecnologia GSM. Para aqueles utilizadores que não tem internet em casa, pode ser alternativa comunicar-se com sistema por sms, entretanto, neste caso as funções do sistema serão limitadas.

4.2. Conclusão

Este trabalho apresentou o projeto e a execução de um produto voltado para automação residencial, aplicável em um ambiente real. Foram utilizadas padrões abertos de *hardware* e *software* facilitando a escalabilidade e integração com outros sistemas e produtos de automação residencial.

Um dos principais factores externos que influenciaram negativamente no desenvolvimento do *hardware* foi o facto de existirem poucos fornecedores de placas de circuito impresso e componentes eletrônicos. Alguns componentes utilizados no sistema não são comercializados no mercado Moçambicano, necessitando que os mesmos fossem importados. Isto teve impacto significativo no custo e no prazo de desenvolvimento do projeto.

O Arduino UNO apresenta pouca memória de armazenamento interno, portanto, nem toda informação sobre os eventos (data, hora, e dispositivo que gera um alarme) é registada. Durante a simulação verificou-se que o Arduino congela quando a memória RAM se esgota. Para projectos maiores, que incluem mais dispositivos e equipamentos será necessário identificar uma placa Arduino com mais capacidade de armazenamento.

A aplicação Android é customizável de tal forma que permite adicionar mais dispositivos sem necessidade de programa-lo. As principais funcionalidades da aplicação foram implementadas.

Outro ponto importante a considerar é o custo de implantação do projecto, dado que a maioria das residências em Moçambique não são projectadas para acomodar sistemas de automação residencial, tornando complicado a integração deste sistema com sistemas domésticos presentes na residência. No entanto, a utilização de tecnologias de comunicação sem fio pode reduzir o custo de implantação do sistema, dado que, reduz a necessidade de instalação de cabos eléctricos pelas diferentes partes da residência.

Finalizando, os dispositivos comportaram-se bem nos testes realizados. Algumas melhorias podem ser implementadas na construção dos circuitos de controlo e monitorização, porém as funcionalidades principais do sistema estão bem atendidas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adafruit. Using a PIR. [Online] [Citação: 12 de April de 2016.]
<https://learn.adafruit.com/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor/using-a-pir>.

Android Inc. 2014. App Components | Android developers. *Android developers*. [Online] Android developers, 2014. [Citação: 04 de 05 de 2016.]
<https://developer.android.com/guide/components/index.html>.

Arduino cc. 2010. Arduino - Introduction. *Arduino* . [Online] 2010. [Citação: 30 de March de 2016.] <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>.

—. Arduino-ArduinoBoardUno. [Online] [Citação: 31 de 03 de 2016.]
<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>.

Augusto, Juan Carlos, et al. 2010. *Ambient Intelligence and Future Trends - : International Symposium on Ambient Intelligence (ISAmI 2010)*. s.l. : Springer - Verlag Berlim Heidelberg, 2010.

BOLZANI, CAIO AUGUSTUS MORAIS. 2004. *Residências Inteligentes*. São Paulo : Câmara brasileira do livro, 2004.

BUENO, MAURICIO. 2005. *Informática Fácil para Concursos*. Rio de Janeiro : BRASPORT Livros e multimidia Ltda, 2005.

Chaitanya. Z-Wave Technology. [Online] [Citação: 06 de 04 de 2016.]
<http://research.microsoft.com/en-us/projects/homeos/homeos-usc-sep2012.pptx>.

Chan, Hubert. 2013. *The Meaning of Home Automation (Volume II)*. s.l. : Sciedu Press, 2013.

Falbo, Ricardo de Almeida. 2014. Engenharia de Software. [Online] 2014. [Citação: 4 de April de 2016.]
http://www.inf.ufes.br/~falbo/files/Notas_Aula_Engenharia_Software.pdf.

Gerhart, James. 1999. *Home Automation & Wiring*. s.l. : McGraw-Hill Education - Europe, 1999.

Goodwin, Steven. 2013. *Smart Home Automation with Linux and Raspberry Pi*. s.l. : SPRINGER, 2013.

Google Inc. 2012. Application Fundamentals. *Android*. [Online] Android, 2012. [Citação: 26 de April de 2016.]
<http://developer.android.com/guide/components/fundamentals.html>.

Harvell, Ben e Spivey, Dwight. 2015. *Home Automation For Dummies*. s.l. : John Wiley & Sons, Inc, 2015.

- Larman, Craig. 2000.** *Utilizando UML e Padroes.* s.l. : BOOKMAN - PORTO ALEGRE, 2000.
- Miller, Michael. 2015.** *The Internet of Things.* US : Que Publishing, 2015.
- . **2015.** *THE INTERNET OF THINGS.* s.l. : Person Education, Inc, 2015.
- Mohan, I. Chandra. 2013.** *OPERATING SYSTEMS.* Delhi : PHI, 2013.
- Mullin, Ray C. e Simmons, Phil. 2014.** *Electrical Wiring Residential.* s.l. : BOWKER, 2014.
- Ramakrishnan, ignesh, Venugopal, Prasanth e Mukherjee, Tuhin. 2015.** *Proceedings of the International Conference on Information Engineering, Management and Security.* Chennai : ICIEMS 2015, 2015.
- RAMOS, RICARDO ARGENTON. 2006.** *TREINAMENTO PRÁTICO EM UML.* s.l. : Sao Paulo: Digerati Books, 2006.
- SMARTHOME. 2010.** X10 Home Automation Products | X10 Systems. [Online] Home Automation Superstore, 2010. [Citação: 03 de 05 de 2016.] <http://www.smarthome.com/sc-what-is-x10-home-automation>.
- Startsollution . 2015.** Conheça os benefícios da automação residencial. *StartSollution Automação e Áudio e Vídeo.* [Online] StartSollution, 06 de June de 2015. [Citação: 26 de April de 2016.] http://startsollution.com.br/?navega=paginas_interna&id_pag=28&interna=80.
- Statista. 2007 .** Smartphone OS global market share 2009-2016. *Statista - One of the world's largest statistics portals.* [Online] Statista, 2007 . [Citação: 01 de 06 de 2016.] <http://www.statista.com/statistics/266136/global-market-share-held-by-smartphone-operating-systems/>.
- USA, The Home Depot.** The Benefits of Home Automation. [Online] [Citação: 05 de April de 2016.] <http://blog.homedepot.com/how-does-home-automation-benefit-you/>.
- Weber, Sandra. 2004.** *The Internet.* Philadelphia : Chelsea House Publishers, 2004.
- Wikipedia. c++.** *Wikipedia, enciclopedia livre.* [Online] [Citação: 22 de April de 2016.] <https://pt.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B>.
- Writers, Community.** Use Relays to Control High-Voltage Circuits with an Arduino. [Online] [Citação: 11 de 04 de 2016.] <http://www.allaboutcircuits.com/projects/use-relays-to-control-high-voltage-circuitswwith-an-arduino/>.
- Yadav, D S e Singh, A K. 2006.** *Microcontrollers: Features and Applications.* s.l. : New Delhi : New Age International (P) Ltd. Publishers, 2006.

Anexo 1- Diagrama de casos de uso

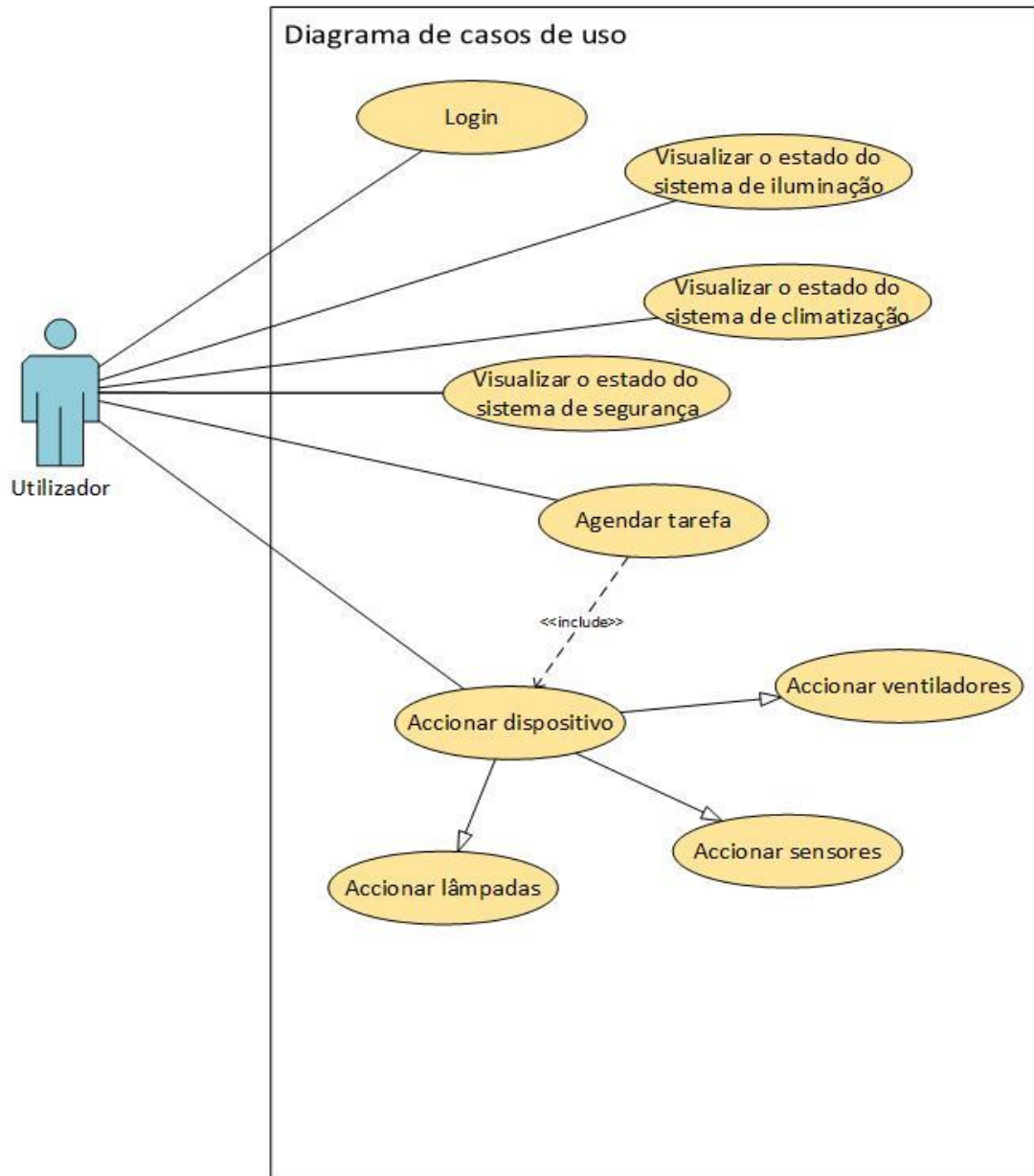


Figura A1-1: Diagrama de casos de uso da Aplicação

Anexo 2 - Descrição dos casos de uso

Tabela A2-2: Descrição do caso de uso efectuar login

Caso de uso:	Efectuar login	
Actores:	Utilizador	
Pré-condi- ção:	Nenhuma	
Descrição:	Processo através do qual o utilizador fornece as suas credenciais de modo a usar as funcionalidades do sistema.	
Sequência de eventos	Acção do actor	Resposta do sistema
	1. Este caso de uso começa quando o utilizador executa a aplicação e introduz seu nome de utilizador e senha.	2. O sistema autentica o utilizador. 3. A aplicação exibe a interface inicial da aplicação.
Sequência al- ternativa	Linha 1: o utilizador introduz credenciais erradas. Indicar erro	
Referências cruzadas	Função 1.	

Tabela A2-2: Descrição do caso de uso efectuar login

Tabela A2-3: Descrição do caso de uso acionar lâmpadas

Caso de uso:	Acionar as lâmpadas.	
Actores:	Utilizador.	
Pré-condição:	Estar ligado a internet, ou a rede Wi-Fi da residência.	
Descrição:	O utilizador usa a aplicação para ligar ou desligar lâmpadas.	
Sequência de eventos	Ação do actor	Resposta do sistema
	<p>1. O utilizador acede o menu “sistema de iluminação”.</p> <p>3. O utilizador seleciona a opção ligar ou desligar o sistema de iluminação consoante o estado actual apresentado.</p>	<p>2.A aplicação apresenta uma interface sobre o estado actual do sistema de iluminação (ligado ou desligado).</p> <p>4.A aplicação envia instruções de ligar/desligar para o microcontrolador.</p> <p>5. O Microcontrolador altera o estado do sistema de iluminação e envia uma confirmação para a aplicação, que por sua vez exhibe uma mensagem.</p>
Sequência alternativa	Linhas 2,4: A aplicação por alguma razão não comunica-se com o Microcontrolador. Indicar erro.	
Referências cruzadas	Funções 2,3,4.	

Tabela A2-4: Descrição do caso de agendar tarefa para acionar lâmpadas

Caso de uso:	Agendar tarefa para acionar lâmpadas.	
Actores:	Utilizador.	
Pré-condição:	Nenhuma	
Descrição:	O utilizador agenda uma hora específica para ligar ou desligar lâmpadas através da aplicação.	
Sequência de eventos	Acção do actor	Resposta do sistema
	<p>1. O utilizador acede o menu “sistema de iluminação”.</p> <p>3. O utilizador clica no menu geral e selecciona a opção agendar.</p> <p>5. O utilizador selecciona o tipo de acção, e especifica a hora.</p>	<p>2.A aplicação apresenta uma interface gráfica sobre o estado actual do sistema de iluminação (ligado ou desligado).</p> <p>4.A aplicação exhibe a interface gráfica com os campos necessários para agendar o tipo de acção e a hora.</p> <p>6. A aplicação salva a informação e envia para o microntrolador.</p> <p>7. A aplicação exhibe uma mensagem.</p>

Sequência alternativa	<p>Linha 2: A aplicação por alguma razão não comunica-se com o Microcontrolador. Indicar erro.</p> <p>Linha 6: Quando não for possível enviar a informação, a aplicação aguarda 1h e tenta enviar novamente.</p> <p>Linha 4: Se houver alguma atividade agendada previamente, exibir a informação na interface gráfica.</p>	
Referências cruzadas	Funções 8.	

Tabela A2-6: Descrição do caso de uso agendar tarefa para acionar ventiladores

Caso de uso:	Agendar tarefa: acionar ventiladores.	
Actores:	Utilizador.	
Pré-condição:	Nenhuma	
Descrição:	O utilizador agenda uma hora especifica para ligar ou desligar ventiladores através da aplicação.	
Sequência de eventos	Ação do actor	Resposta do sistema
	<p>1. O utilizador acede o menu “sistema de climatização”.</p> <p>3. O utilizador clica no menu geral e selecciona a opção agendar.</p> <p>5. O utilizador selecciona o tipo de acção, e especifica a hora.</p>	<p>2.A aplicação apresenta uma interface gráfica sobre o estado actual do sistema de climatização (ligado ou desligado).</p> <p>4.A aplicação exhibe a interface gráfica com os campos necessários para agendar o tipo de acção e a hora.</p> <p>6. A aplicação salva a informação e envia para o microcontrolador.</p> <p>7. A aplicação exhibe uma mensagem.</p>

<p>Sequência alternativa</p>	<p>Linha 2: A aplicação por alguma razão não comunica-se com o Microcontrolador. Indicar erro.</p> <p>Linha 6, Quando não for possível enviar a informação, a aplicação aguarda 1h e tenta enviar novamente.</p> <p>Linha 4. Se houver alguma actividade agendada previamente, exibir a informação na interface gráfica.</p>	
<p>Referências cruzadas</p>	<p>Funções 5,6.</p>	

Tabela A2-8: Descrição do caso de uso acionar os ventiladores.

Caso de uso:	Aciionar os ventiladores.	
Actores:	Utilizador.	
Pré-condição:	Estar ligado a internet, ou a rede Wi-Fi da residência.	
Descrição:	O utilizador liga ou desliga ventiladores através da aplicação.	
Sequência de eventos	Acção do actor	Resposta do sistema
	<p>1. O utilizador acede o menu “sistema de climatização”.</p> <p>3. O utilizador selecciona a opção ligar ou desligar o sistema de climatização consoante o estado actual apresentado.</p>	<p>2.A aplicação apresenta uma interface sobre o estado actual do sistema de climatização (ligado ou desligado).</p> <p>4.A aplicação envia instruções de ligar/desligar para o Microcontrolador.</p> <p>5. O Microcontrolador altera o estado do sistema de climatização e envia uma confirmação para a aplicação, que por sua vez exhibe uma mensagem.</p>
Sequência alternativa	Linhas 2,4: A aplicação por alguma razão não comunica-se com o Microcontrolador. Indicar erro.	
Referências cruzadas	Funções 5,6,7.	

Tabela A2-9: Descrição do caso de uso agendar tarefa para acionar o sistema de segurança.

Caso de uso:	Agendar tarefa para acionar o sistema de segurança.	
Actores:	Utilizador.	
Pré-condição:	Nenhuma	
Descrição:	O utilizador arma ou desarma o sistema de segurança através da aplicação.	
Sequência de eventos	Acção do actor	Resposta do sistema
	<p>1. O utilizador acede o menu “sistema de segurança”.</p> <p>3. O utilizador clica no menu geral e selecciona a opção agendar.</p> <p>5. O utilizador selecciona a opção, o tipo de acção, especifica a hora e clica em salvar.</p>	<p>2.A aplicação apresenta uma interface sobre o estado actual do sistema de segurança (detecção de intrusão e detecção de movimento).</p> <p>4.A aplicação exibe a interface com os campos necessários para agendar o tipo de acção e a hora. A interface contém informação sobre sistema de detecção de intrusão e detecção de movimento.</p> <p>6. A aplicação salva a informação e envia para o microcontrolador.</p> <p>7. A aplicação exibe uma mensagem.</p>

Sequência alternativa	<p>Linha 2: A aplicação por alguma razão não comunica-se com o Microcontrolador. Indicar erro.</p> <p>Linha 6, Quando não for possível enviar a informação, a aplicação aguardar 1h e tenta enviar novamente.</p> <p>Linha 4. Se houver alguma actividade agendada previamente, exibir a informação na interface gráfica.</p>	
Referências cruzadas	Funções 5,6.	

Tabela A2-10: Descrição do caso de uso acionar o sistema de detenção de movimento.

Caso de uso:	Acionar o sensor de detenção de movimento.	
Actores:	Utilizador.	
Pré-condição:	Estar ligado a internet, ou a rede Wi-Fi da residência.	
Descrição:	O utilizador através da aplicação arma ou desarma o sistema de detenção de movimento não autorizado.	
Sequência de eventos	Acção do actor	Resposta do sistema

	<p>1. O utilizador acede o menu “sistema de segurança”.</p> <p>3. O utilizador selecciona a opção armar ou desarmar consoante o estado actual apresentado.</p>	<p>2.A aplicação apresenta uma interface sobre o estado actual do sistema de detenção de movimento (armado ou desarmado).</p> <p>4.A aplicação envia instruções de ligar/desligar para o Microcontrolador.</p> <p>5. O Microcontrolador altera o estado do sistema de sistema de detenção de movimento e envia uma confirmação para a aplicação, que por sua vez exhibe uma mensagem.</p>
Sequência alternativa	Linhas 2,4: A aplicação por alguma razão não comunica-se com o Microcontrolador. Indicar erro.	
Referências cruzadas	Funções 8,9.	

Tabela A2-12: Descrição do caso de uso Acionar o sistema de detenção de acesso as portas.

Caso de uso:	Acionar os sensores magneticos.	
Actores:	Utilizador.	
Pré-condição:	Estar ligado a internet, ou a rede Wi-Fi da residência.	
Descrição:	O utilizador através da aplicação arma ou desarma os sensores magneticos	
Sequência de eventos	Acção do actor	Resposta do sistema
	<p>1. O utilizador acede o menu “sistema de segurança”.</p> <p>3. O utilizador selecciona a opção armar ou desamar consoante o estado actual apresentado.</p>	<p>2.A aplicação apresenta uma interface sobre o estado actual do sistema de detenção de acesso as portas (armado ou desarmado).</p> <p>4.A aplicação envia instruções de ligar/desligar para o microcontrolador.</p> <p>5. O Microcontrolador altera o estado do sistema de detenção de acesso as portas e envia uma confirmação para a aplicação, que por sua vez exhibe uma mensagem.</p>

Referências cruzadas	Funções 8,9.	
Sequência alternativa	Linhas 2,4: A aplicação por alguma razão não comunica-se com o Micro-controlador. Indicar erro.	

Anexo 3 – Diagramas de sequência

Figura A3-14: Accionamento de dispositivos

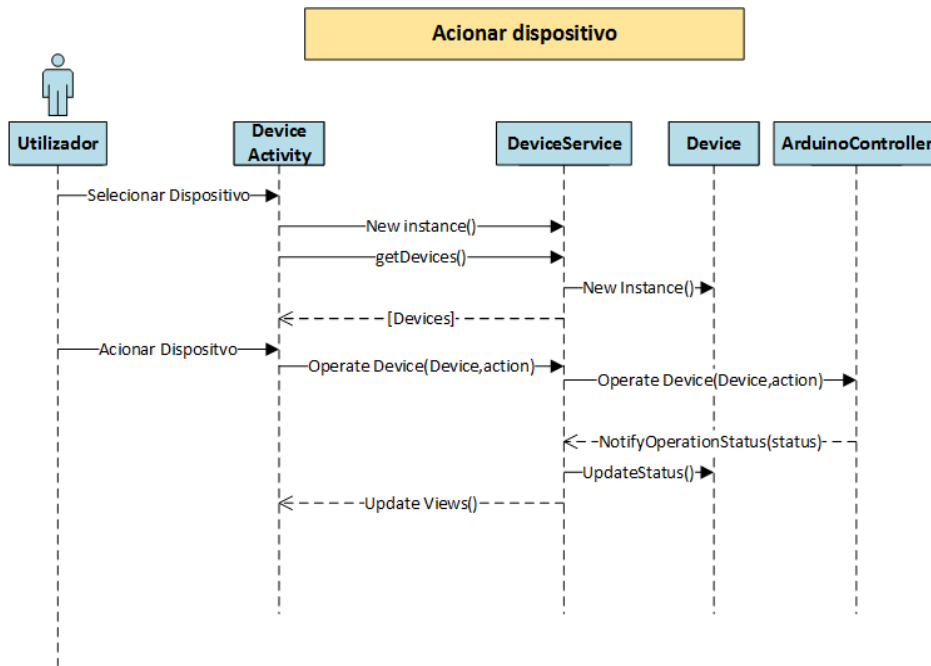


Figura A3-15: Visualização do estado do sistema de Iluminação

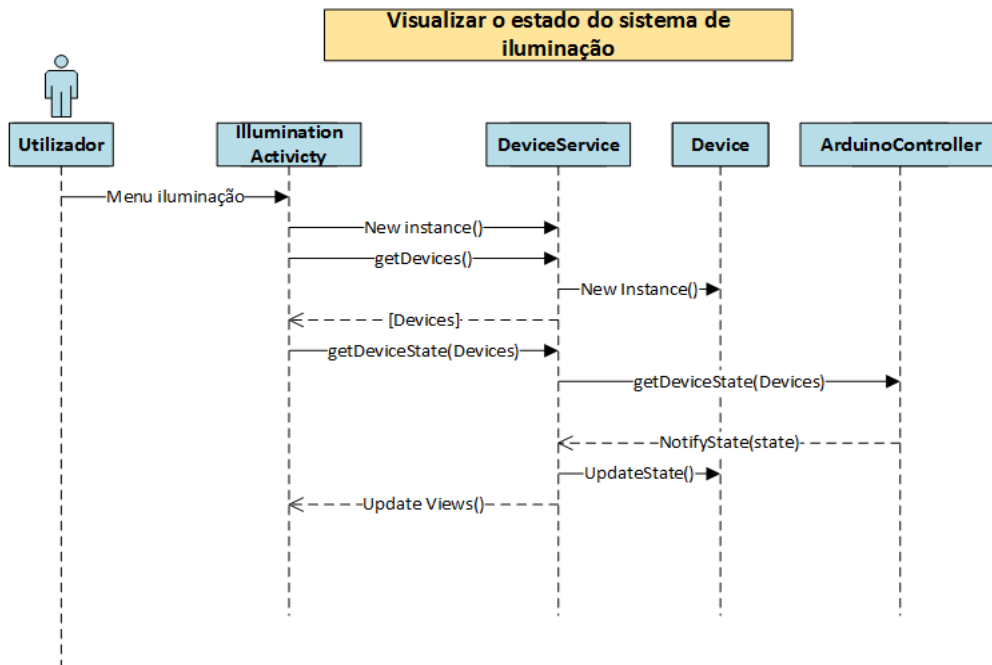


Figura A3-16: Visualização do estado do sistema de climatização

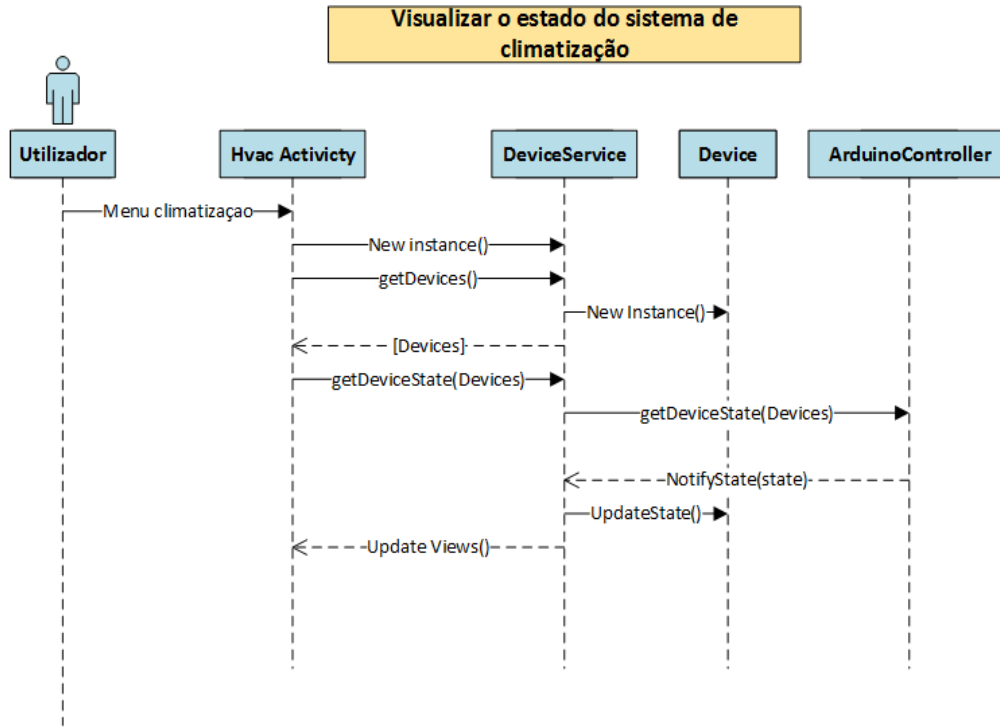


Figura A3-17: Accionamento de dispositivos ou aparelhos

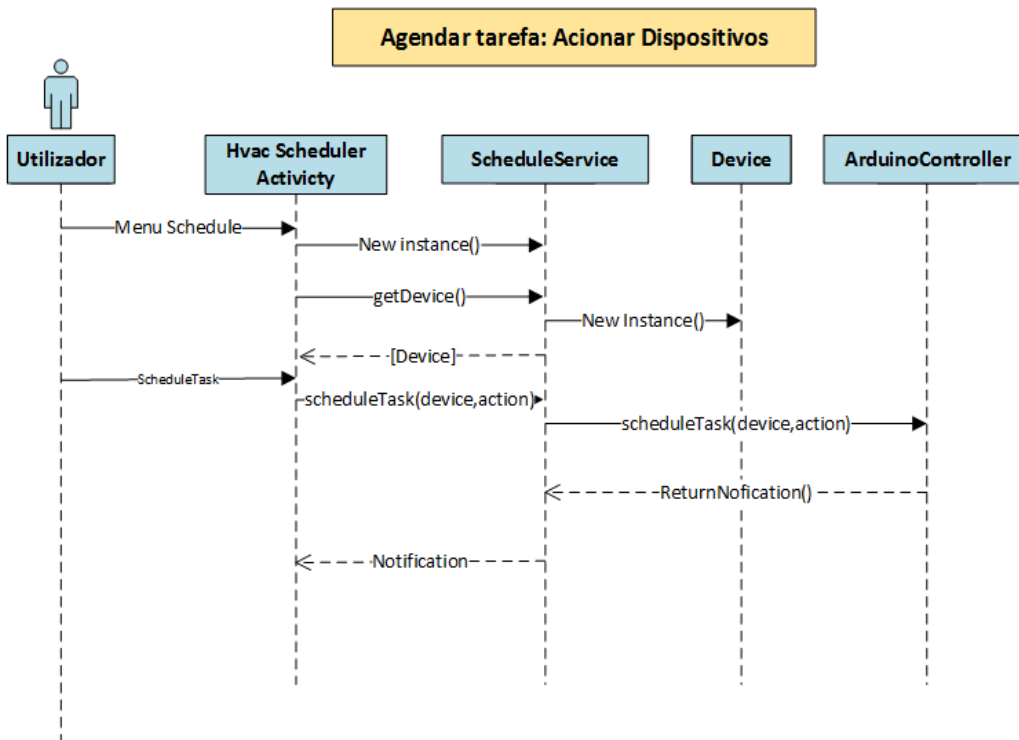
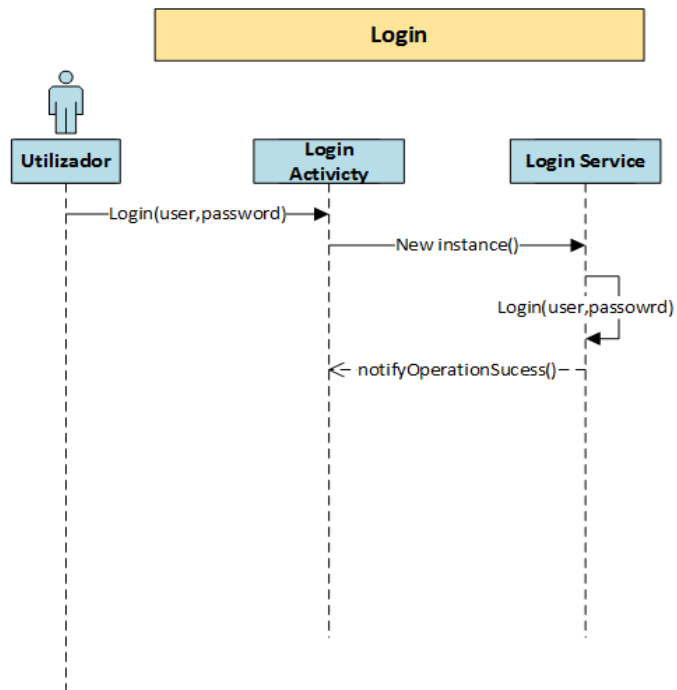


Figura A3-18: Login



Anexo 4 - Interfaces gráficas da aplicação

Figura A4-19: Menu principal

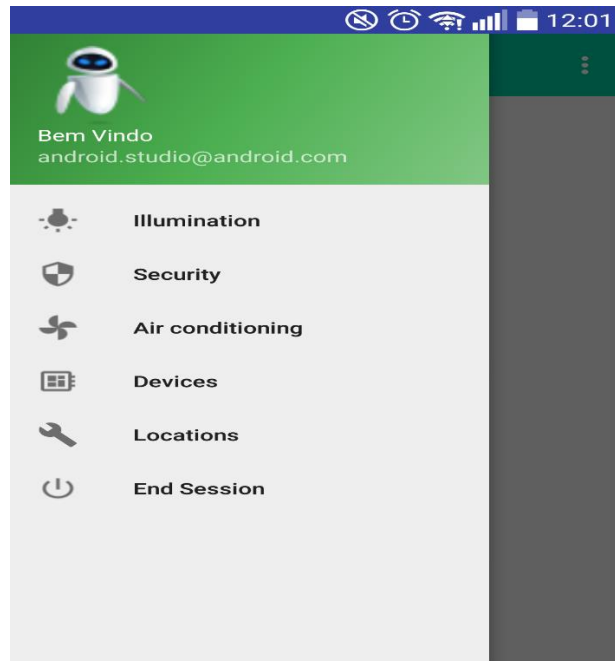


Figura A4-20: Visualização do estado do sistema de Iluminação.

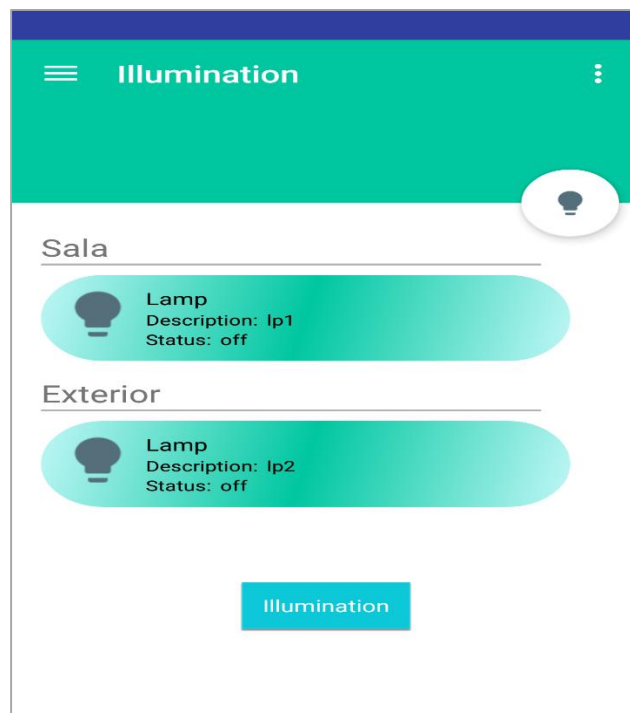


Figura A4-21: Visualização do estado do sistema de climatização.

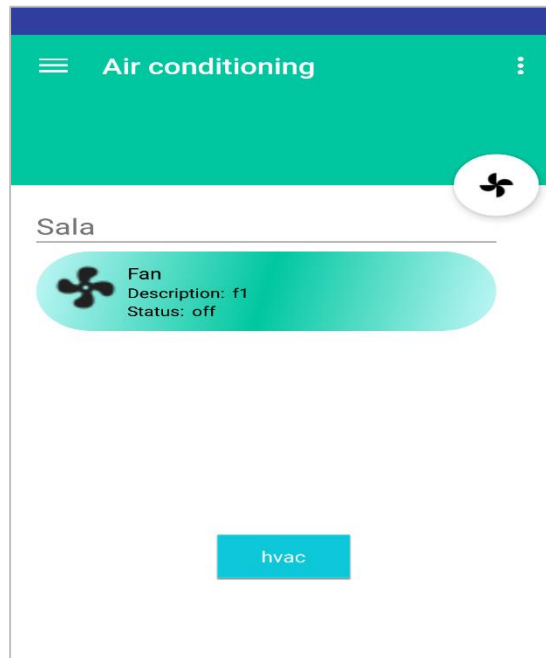


Figura A4-22: Visualização do estado do sistema de segurança.

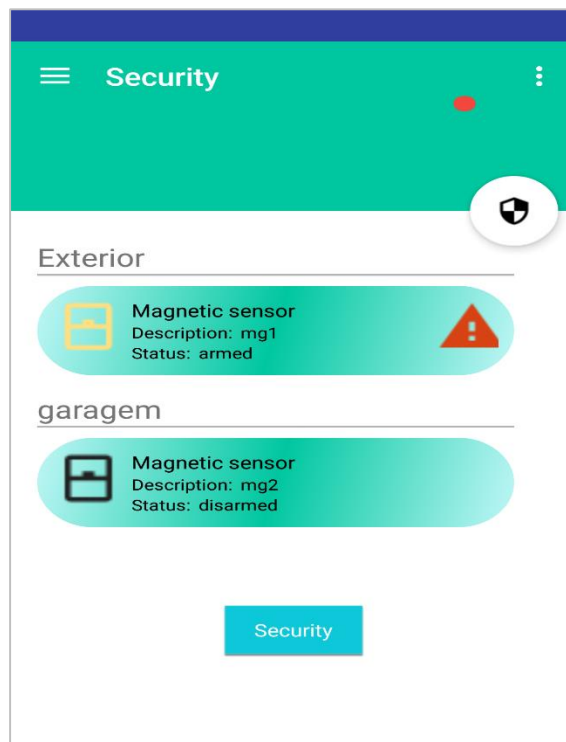


Figura A4-23: Interface de gestão dos dispositivos

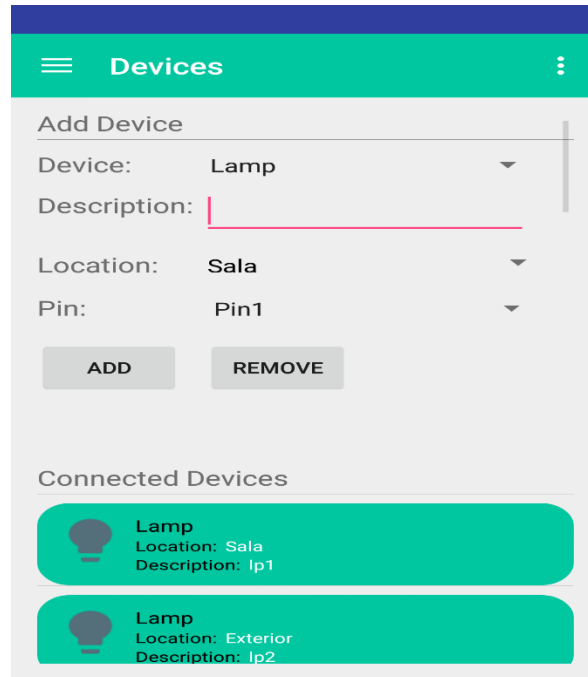


Figura A4-24: Interface de gestão de lugares da residência.

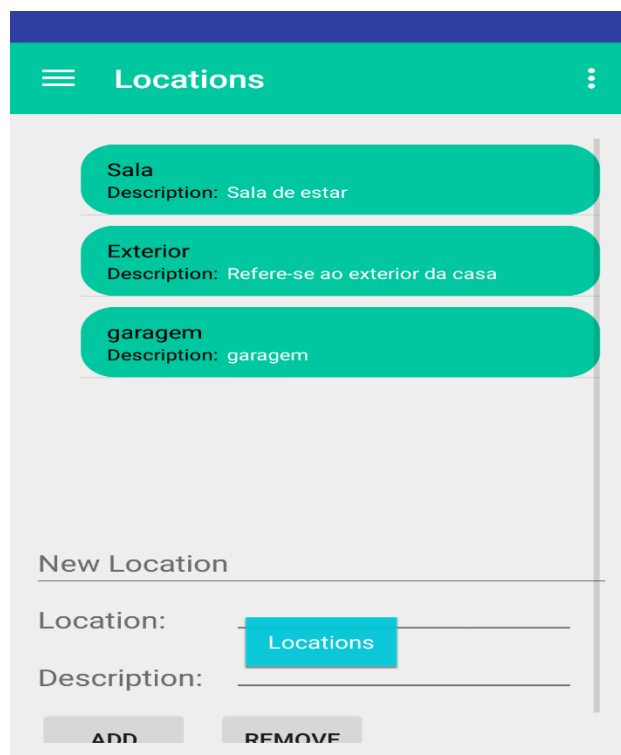


Figura A4-25: Interface alarmes do sistema.

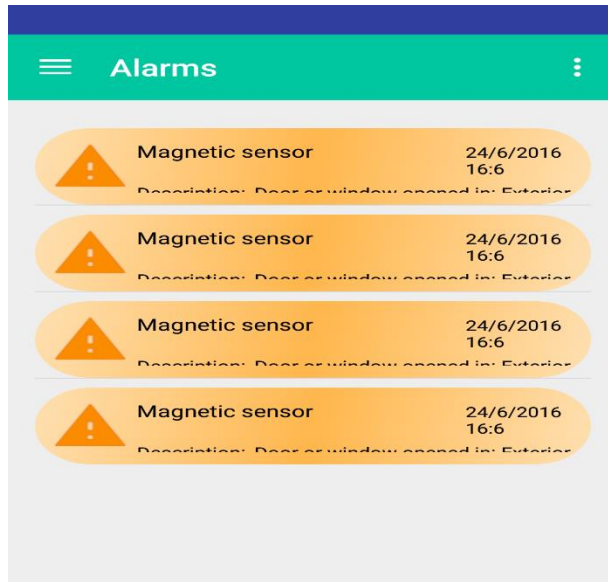
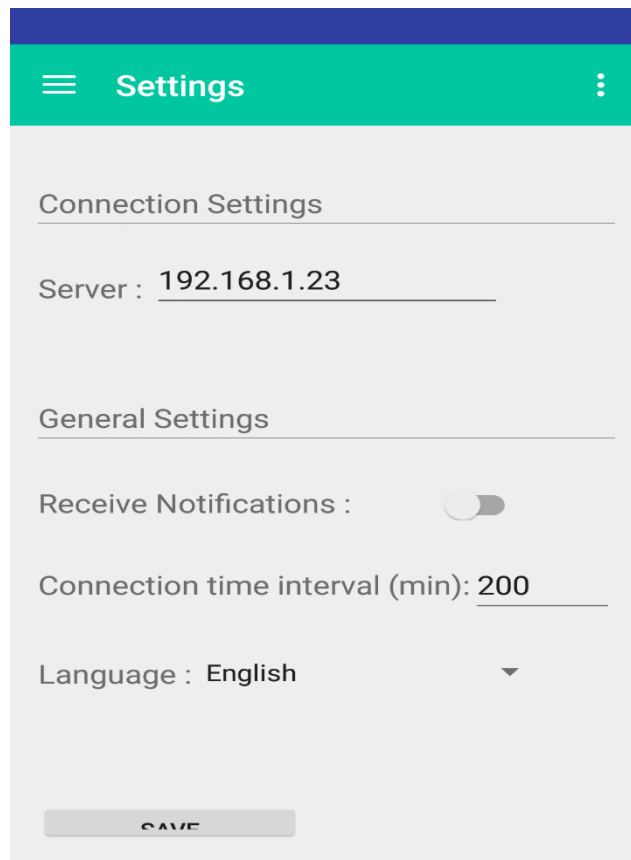


Figura A4-26: Interface de configuração do sistema



Anexo 5 – Sensores

Figura A5-21 – Sensor magnético MC-38



