

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ZARLEY ZANARD DA SILVA ALMEIDA

**SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO EM REDE WI-FI**

SÃO LUÍS

2018

ZARLEY ZANARD DA SILVA ALMEIDA

**SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO EM REDE WI-FI**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Maranhão como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Buonocore

SÃO LUÍS

2018

da Silva Almeida, Zarley Zanard.

Sistema de Automação Residencial de Baixo Custo em Rede Wi-Fi / Zarley Zanard da Silva Almeida. - 2018.

70 f.

Orientador(a): Luciano Buonocore.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Maranhão, São Luis - MA, 2018.

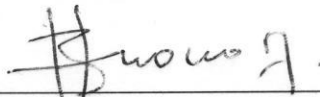
1. Arquitetura Centralizada. 2. Automação Residencial. 3. Home Assistant. 4. Internet das Coisas. 5. Rede Wi-Fi. I. Buonocore, Luciano. II. Título.

ZARLEY ZANARD DA SILVA ALMEIDA

**SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO EM REDE WI-FI**

Aprovada em: 19 / 12 / 2018

BANCA EXAMINADORA



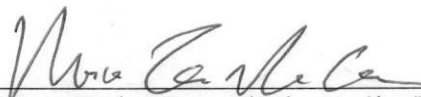
---

Prof. Dr. Luciano Buonocore (Orientador)  
Departamento de Engenharia Elétrica - UFMA



---

Eng.º Eletricista - Afonso Flávio Ribeiro de Carvalho (Coorientador)



---

Prof. Ms. Marcos Tadeu Rezende de Araújo (Membro)  
Departamento de Engenharia Elétrica - UFMA

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família e principalmente aos meus pais, por todo o apoio e força, sempre me guiando pelo melhor caminho. Obrigado por criarem as bases para a pessoa que sou hoje, prometo retribuí-los o máximo que eu puder.

Ao professor Luciano Buonocore, pela orientação, dedicação e disposição tanto na realização desta monografia quanto no desenvolvimento de um ambiente de trabalho motivador dentro do LRC. Agradeço-o profundamente.

Ao engenheiro eletricista Afonso Flávio, que em uma visita ao LRC para compartilhar um pouco da sua experiência profissional, acabou me dando todo o direcionamento para a execução deste trabalho, concordando em assumir o papel de coorientador. Muito obrigado por todo o conhecimento que me foi passado.

A todos os amigos do LRC, pela grande ajuda e conselhos. Um grupo de estudantes dedicados que estão sempre à disposição, em prol do aprendizado e crescimento contínuo.

Enfim, agradeço a todos que participaram direta ou indiretamente durante minha formação acadêmica.

## RESUMO

A automação pode ser considerada um sistema de controle com capacidade de identificar a necessidade da realização de ações, através de medições feitas pelos seus próprios mecanismos de programação de sensoriamento, sem a necessidade de interferência humana. Os grandes avanços tecnológicos das últimas décadas no desenvolvimento de *hardware* e *software* proporcionaram um crescimento acentuado na automação de processos de uma forma geral. Dentro dos segmentos afetados por esses avanços a automação residencial se tornou uma tendência cada vez mais presente na vida dos consumidores. Ligada de forma intrínseca à automação residencial, a área denominada Internet das Coisas vem alcançando uma expansão acentuada, com a comunicação não só entre pessoas, mas também entre dispositivos programáveis e de preços acessíveis. Este trabalho abordou o projeto e implementação de um sistema de automação residencial com componentes eletrônicos de baixo custo. Constitui um sistema de arquitetura centralizada, onde seus elementos se comunicam através da rede Wi-Fi presente na residência do usuário. A implementação proporcionou o controle de iluminação, do aparelho de ar-condicionado, da TV e receptor de TV a cabo da residência, além de obter informações dos sensores de movimento e temperatura na *interface* disponível na plataforma do Home Assistant que é acessada através de *smartphones*, *tablets* e *notebooks*. Também possibilitou o envio de comandos de voz à central de automação para a execução de tarefas. Com os experimentos e resultados apresentados, este trabalho comprova a eficiência de um sistema de baixo custo com comunicação em rede Wi-Fi para a execução de tarefas na área de automação residencial.

**Palavras-chaves:** Automação residencial; Rede Wi-Fi; Internet das coisas; Arquitetura centralizada; Home assistant.

## ABSTRACT

Automation can be considered a control system capable of identifying the need to perform actions, through measurements made by its own mechanisms sensing programming mechanisms, without the need for human interference. The great technological advances of the last decades in the development of hardware and software have provided a marked increase in the automation of processes in general. Within the segments affected by these advances home automation has become an increasingly present trend in consumer life. Connected intrinsically to home automation, the area called Internet of Things has been achieving a marked expansion, with communication not only between people, but also between programmable and affordable devices. This work covered the design and implementation of a home automation system with low cost electronic components. It is a system of centralized architecture, where its elements communicate through the Wi-Fi network present in the user's home. The implementation provided the control of the lighting, the air conditioner, the TV and the cable TV receiver of the residence, as well as to obtain information of the movement and temperature sensors in the interface in the Home Assistant platform that is accessed through smartphones, tablets and notebooks. It also made it possible to send voice commands to the automation hub for the execution of tasks. With the experiments and results presented, this work proves the efficiency of a low cost system with communication in Wi-Fi network for the execution of tasks in the area of home automation.

**Keywords:** Home automation; Wi-Fi network; Internet of things; Centralized architecture; Home assistant.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Módulos X-10 para automação residencial.....	18
Figura 2	Estimativa de crescimento do mercado de automação residencial (2018-2023).....	19
Figura 3	Comparação entre os principais mercados de automação residencial no mundo.....	20
Figura 4	Placa microcontrolada Arduino Uno (microcontrolada).....	20
Figura 5	Placa Raspberry Pi 3 modelo B (microprocessada).....	21
Figura 6	Central de automação residencial.....	22
Figura 7	Arquitetura centralizada de um sistema de automação.....	22
Figura 8	Módulo atuador para controle de cargas elétricas.....	23
Figura 9	Sensor de abertura de portas e janelas.....	24
Figura 10	Exemplo de um sistema de automação residencial baseado em arquitetura centralizada.....	25
Figura 11	Ranking das linguagens mais utilizadas em sistemas embarcados (23/08/2018).....	26
Figura 12	Exemplo de um código básico em linguagem C.....	27
Figura 13	Exemplo de um código básico em linguagem Python.....	28
Figura 14	Quadro de automação residencial.....	29
Figura 15	Aplicativo para automação residencial com comunicação <i>Bluetooth</i> .....	29
Figura 16	Representação de uma rede <i>Mesh</i> com os módulos <i>XBee</i> .....	30
Figura 17	Sistema de automação residencial com comunicação em rede Wi-Fi.....	31
Figura 18	Raspberry Pi 3 modelo B com o <i>case</i> .....	32
Figura 19	ESP8266 modelo ESP-01 ao lado de uma moeda de R\$0,50.....	34
Figura 20	Amazon Echo Dot.....	34
Figura 21	<i>Broadlink Rm Mini 3</i> .....	35
Figura 22	Sonoff Basic instalado na residência.....	36
Figura 23	Sensor de movimento PIR HC – SR501.....	37
Figura 24	Sensor de temperatura DS18B20+.....	38
Figura 25	<i>Protoboards</i> .....	39
Figura 26	Regulador de tensão LM2596.....	39
Figura 27	Fonte de alimentação 9 V.....	40



Figura 28	<i>Jumpers</i> .....	40
Figura 29	<i>Xbee explorer USB adapter</i> .....	41
Figura 30	Multímetro.....	41
Figura 31	Logo do Home Assistant.....	42
Figura 32	Funcionamento do MQTT <i>broker</i> .....	43
Figura 33	<i>Software</i> Arduino IDE.....	44
Figura 34	Representação da junção da placa Raspberry Pi 3 com o sistema Hass.io...	45
Figura 35	Comandos para a conexão da central de automação com a rede Wi-Fi.....	46
Figura 36	Acesso ao endereço <a href="https://hassio.local:8123">https://hassio.local:8123</a> .....	47
Figura 37	Solicitação de criação de uma conta de usuário.....	48
Figura 38	Seção <i>add-on store</i> presente no sistema Hass.io.....	49
Figura 39	ESP8266 presente na placa do dispositivo Sonoff.....	49
Figura 40	Trecho de código no Arduino IDE para programação do Sonoff.....	50
Figura 41	Trecho de código no arquivo de configuração da central de automação (destaque no retângulo vermelho).....	51
Figura 42	Controle e estado da lâmpada na interface do Home Assistant.....	51
Figura 43	Montagem do circuito para o funcionamento do sensor de movimento no sistema de automação residencial.....	52
Figura 44	Informação da ativação do sensor no monitor serial do Arduino IDE.....	53
Figura 45	Trecho de código no arquivo de configuração da central de automação.....	53
Figura 46	Estado do sensor de movimento na interface do Home Assistant.....	54
Figura 47	Histórico de detecções do sensor de movimento e os horários das mudanças de estado.....	54
Figura 48	Montagem do circuito para o funcionamento do sensor de temperatura no sistema de automação residencial.....	55
Figura 49	Valores de temperatura que são enviados a central na escala de graus Celsius.....	56
Figura 50	Valores do sensor de temperatura na <i>interface</i> do Home Assistant.....	56
Figura 51	Endereços de IP e MAC encontrados através do aplicativo <i>Network Scanner</i> .....	57
Figura 52	Trecho do código para integração do Broadlink Rm Mini 3 ao Sistema.....	57
Figura 53	Código do controle recebido pelo Home Assistant e inserido no arquivo de configuração.....	58

Figura 54	Controle do ar-condicionado disponível na <i>interface</i> do Home Assistant...	58
Figura 55	Habilitando a <i>skill</i> Home Assistant no aplicativo Amazon Alexa.....	59
Figura 56	Descobrimiento dos dispositivos do sistema pelo aplicativo Amazon Alexa	60
Figura 57	<i>Tablet e notebook</i> com a interface Home Assistant.....	62
Figura 58	Registro dos acionamentos feitos pelo atuador Sonoff para o controle da lâmpada da sala de estar.....	63
Figura 59	Registro dos acionamentos feitos pelo atuador Broadlink Rm Mini 3 para o controle de equipamentos através de comandos infravermelho.....	63
Figura 60	Valor inicial do sensor de temperature.....	64
Figura 61	Novo valor do sensor de temperature.....	64
Figura 62	Gráfico demonstrando a alteração no valor do sensor de temperatura e o horário.....	64
Figura 63	Registro das mudanças de estado do sensor de movimento na <i>interface</i> do Home Assistant.....	65
Figura 64	Mudança de estado do sensor de movimento entre ligado (detectado) e desligado.....	66
Figura 65	Histórico de atividades presente na <i>interface</i> do Home Assistant.....	66
Figura 66	Valores dos componentes do sistema de automação residencial em rede Wi-Fi.....	67

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AURESIDE	Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial
IoT	<i>Internet of Things</i>
TEEE	Tópicos Especiais de Engenharia Elétrica
PLC	<i>Power Line Carrier</i>
ARM	<i>Advanced RISC Machine</i>
TV	Televisão
RPi3B	Raspberry Pi 3B
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver Transmitter</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry</i>
M2M	<i>Machine-to-Machine</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
DNS	<i>Domain Name System</i>
LRC	Laboratório de Robótica e Comunicação Sem Fio
MAC	<i>Media Access Control</i>

## SUMÁRIO

### LISTA DE FIGURAS

### LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1	INTRODUÇÃO .....	14
1.1	Objetivos .....	14
1.2	Motivação.....	15
1.3	Organização do trabalho .....	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1	Definição de automação residencial.....	17
2.2	Histórico.....	17
2.3	Mercado para a automação residencial .....	18
2.3.1	Comparativo entre os mercados mundial e brasileiro.....	18
2.4	Placas microcontroladas e microprocessadas usadas em automação residencial .....	19
2.4.1	Placas Microcontroladas .....	20
2.4.2	Microprocessadas.....	21
2.5	Atuadores, sensores e a central de automação .....	21
2.5.1	Atuadores .....	23
2.5.2	Sensores .....	23
2.5.3	Central de automação.....	24
2.6	Principais linguagens de programação utilizadas em automação residencial.....	25
2.6.1	Linguagem C/C++ .....	26
2.6.2	Linguagem Python .....	26
2.7	Formas de comunicação entre elementos do sistema de automação residencial .....	27
2.7.1	Cabeado.....	28
2.7.2	Bluetooth.....	28
2.7.3	Radiofrequência .....	30
2.7.4	Wi-Fi.....	30
3	<i>HARDWARE E SOFTWARE DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO EM REDE WI-FI</i> .....	32
3.1	Placa Raspberry Pi 3 .....	32
3.2	Placa ESP8266 .....	33
3.3	Amazon Echo Dot.....	33
3.4	Broadlink Rm Mini 3 .....	35
3.5	Sonoff Basic .....	35
3.5	Sensor de movimento PIR HC – SR501 .....	36

3.6	Sensor de temperatura DS18B20+ .....	37
3.7	Outros componentes.....	37
3.7.1	<i>Protoboards</i> .....	38
3.7.2	Regulador de tensão LM2596.....	38
3.7.3	Fonte de alimentação 9 V.....	39
3.7.4	<i>Jumpers</i> .....	40
3.7.5	<i>XBee explorer USB adapter</i> .....	40
3.7.6	Multímetro .....	41
3.8	Home Assistant e o Hass.io.....	42
3.9	MQTT <i>broker</i> .....	42
3.10	Arduino IDE .....	43
4	IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO EM REDE WI-FI.....	45
4.1	Preparação da central de automação, instalação do Hass.io no Raspberry Pi 3B e conexão com a rede Wi-Fi .....	45
4.2	Primeiras configurações e ajustes na central de automação.....	46
4.2.1	Criação da conta de usuário .....	47
4.2.2	Instalação de <i>add-nos</i> .....	47
4.3	Programação e integração do atuador Sonoff .....	48
4.3.1	Programação do ESP8266 presente na placa do Sonoff .....	48
4.3.2	Integração do Sonoff ao sistema da central de automação .....	49
4.4	Integração do sensor de movimento PIR HC – SR501 .....	50
4.4.1	Programação do ESP8266 que receberá o sinal do sensor de movimento.....	52
4.4.2	Integração do sensor de movimento PIR HC – SR501 ao sistema da central de automação.....	52
4.5	Integração do sensor de temperatura DS18B20+.....	54
4.6	Integração do Broadlink Rm Mini 3 .....	55
4.7	Integração do Amazon Echo Dot .....	59
5	EXPERIMENTOS E RESULTADOS.....	61
5.1	Acionamento dos atuadores .....	61
5.1.1	Sonoff.....	61
5.1.2	Broadlink Rm Mini 3 .....	61
5.2	Informações dos sensores.....	62
5.2.1	Sensor de temperatura.....	62
5.2.2	Sensor de movimento.....	65
5.5	Histórico de atividade .....	65

5.6 Custo do sistema implementado .....	67
6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	70

# 1 INTRODUÇÃO

O uso da tecnologia para a automação residencial segue a tendência mundial relacionada à automação de processos de uma forma geral. Cada vez mais soluções são criadas para transformar uma tarefa manual em automática com o objetivo de economizar principalmente tempo e dinheiro. Nos ambientes residenciais, essas soluções vão além, gerando conforto, sofisticação e proporcionando uma melhoria na qualidade de vida para o usuário.

Segundo a AURESIDE (Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial): “Soluções de automação estão evoluindo constantemente nos dias de hoje em termos de eficiência, capacidade e desempenho geral”<sup>1</sup>. Em uma pesquisa realizada no ano de 2015 em 6 países, incluindo o Brasil, mostrou já um número significativo em automação residencial, sendo que no Brasil o potencial chega a ser mais de seis vezes o real instalado.

Um sistema de automação residencial facilita a execução das mais simples e repetitivas tarefas do dia-a-dia como acender uma lâmpada ou ligar um ar condicionado. Permite que o próprio ambiente residencial forneça ao sistema, através de sensores, as informações para a execução de tarefas de forma automática, não sendo necessária interferência humana.

Este trabalho de monografia aborda um sistema de automação de baixo custo com o funcionamento em rede Wi-Fi, que possibilita a execução de tarefas e oferece ao usuário uma nova experiência de vida na residência. Como o crescimento e a disponibilidade no mercado de dispositivos caseiros IoT (*Internet of Things*) de baixo custo, é possível fazer o controle e o sensoriamento de várias tarefas na casa de forma autônoma, cujo sistema pode ser acessado de diversas equipamentos comumente disponíveis, como os *smartphones*, *tablets*, etc.

## 1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho de monografia é implementar um sistema de automação residencial de baixo custo em rede Wi-Fi.

Com relação aos objetivos específicos, este trabalho propõe:

- a) Controlar o acionamento de dispositivos presentes em uma residência de forma individual (uma tarefa a cada comando) ou combinada (várias tarefas a cada

---

<sup>1</sup> Site: <http://www.aureside.org.br/noticias/tendencias-mundiais-na-automacao-residencial>

comando) utilizando *smartphones*, *tablets* e similares, seja na própria residência ou de qualquer lugar do mundo através da internet;

- b) Fazer a comunicação com o sistema através de comandos de voz para a execução de tarefas.
- c) Fazer a gestão dos dispositivos presentes no sistema de automação residencial, possibilitando visualizar os estados dos dispositivos controlados e informações adicionais relacionadas ao ambiente;
- d) Mostrar a simplicidade da eletrônica envolvida em todo o sistema e a facilidade de uso da *interface* implementada para o controle do sistema.

## 1.2 Motivação

A primeira e principal motivação para este trabalho é propor uma solução eficiente e de baixo custo que pode ser implementada e desenvolvida com o uso de uma eletrônica relativamente simples e que oferece ao usuário diversas possibilidades com pequena utilização de *hardware*.

A tendência de mercado na área de automação residencial também é um fator motivador para o desenvolvimento deste trabalho. A busca pela automatização de tarefas e o aumento da qualidade de vida é um mercado crescente e com um enorme potencial.

Além disso, o aluno trabalha no mercado de automação residencial com diversos tipos de tecnologias e buscou adquirir maior conhecimento em eletrônica e programação em sua formação acadêmica.

Por fim, ainda existe a contribuição da implementação e validação desta proposta de trabalho na formação acadêmica, aprimorando os conhecimentos adquiridos na disciplina TEEE – Sistemas Embarcados, cursada durante a graduação.

## 1.3 Organização do trabalho

O trabalho está organizado em seis capítulos, incluindo este de introdução do tema.

No Capítulo 2 é feita a fundamentação teórica, abordando os diversos temas relacionados a construção do sistema proposto, desde o mercado para o segmento de automação residencial, até o embasamento técnico relacionado aos elementos presentes.



No Capítulo 3 são descritos o *hardware* e o *software* que fez parte do sistema de automação proposto. É apresentado cada componente que foi utilizado na realização do trabalho.

O Capítulo 4 é dedicado ao detalhamento do projeto e as implementações do *hardware* e *software* do sistema de automação residencial, descrevendo os procedimentos feitos detalhadamente passo-a-passo.

No capítulo 5 são realizados os experimentos nos dispositivos controlados e ensoados pelo sistema para a comprovação da sua eficiência e robustez. Também foram realizados os testes para a execução de tarefas por comandos de voz.

Finalmente, no Capítulo 6 apresentam-se as conclusões e os trabalhos futuros que podem ser realizados a partir do atual estado obtido neste trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados o termo ‘automação residencial’, o desenvolvimento das tecnologias para a efetivação dessa automação ao longo dos anos, assim como o crescimento do mercado a ela associado. Será exposto também os tipos de tecnologias utilizadas para a implementação de um sistema, as linguagens de programação mais utilizadas e as formas de comunicação entre os elementos que estão presentes nesse ramo de automação.

### 2.1 Definição de automação residencial

O termo automação residencial é definido como o conjunto de serviços proporcionados por sistemas tecnológicos integrados como o melhor meio de satisfazer as necessidades básicas de segurança, comunicação, gestão energética e conforto de uma habitação.<sup>2</sup>

Com sensores, temporizadores ou até um simples toque em um botão do *keypad* ou da tela do celular é possível acionar cenas ou tarefas pré-programadas, trazendo maior praticidade, segurança, economia e conforto para o morador.

No mercado o termo é bastante utilizado como uma forma de *marketing* para oferecer equipamentos e soluções que não são na verdade a automação propriamente dita. Equipamentos que, por exemplo, apenas possuem a capacidade de controlar algum dispositivo de maneira diferente da usual, utilizando outra forma de comando para o acionamento.

Também é amplamente utilizado o termo “domótica”, principalmente na Europa, devido a sua abrangência. Porém no Brasil, é mais utilizada a tradução direta de *home automation*.

### 2.2 Histórico

As primeiras tecnologias definidas como automação residencial surgiram na década de 1970, nos Estados Unidos. Os comandos eram enviados através da própria rede elétrica da residência, baseada no conceito de PLC (*Power Line Carrier*), e as soluções eram bastante simples como ligar uma lâmpada remotamente, não havendo praticamente integração entre os equipamentos. Os primeiros dispositivos que surgiram e foram utilizados em rede doméstica foram os módulos X-10 (MURATORI, 2014), mostrados na Figura 1.

---

<sup>2</sup> Site: [http://www.osetoelettrico.com.br/wp-content/uploads/2011/04/Ed62\\_fasc\\_automacao\\_capl.pdf](http://www.osetoelettrico.com.br/wp-content/uploads/2011/04/Ed62_fasc_automacao_capl.pdf)

Figura 1 – Módulos X-10 para automação residencial



Fonte: [https://pt.wikipedia.org/wiki/X10#/media/File:X10\\_1.jpg](https://pt.wikipedia.org/wiki/X10#/media/File:X10_1.jpg)

## 2.3 Mercado para a automação residencial

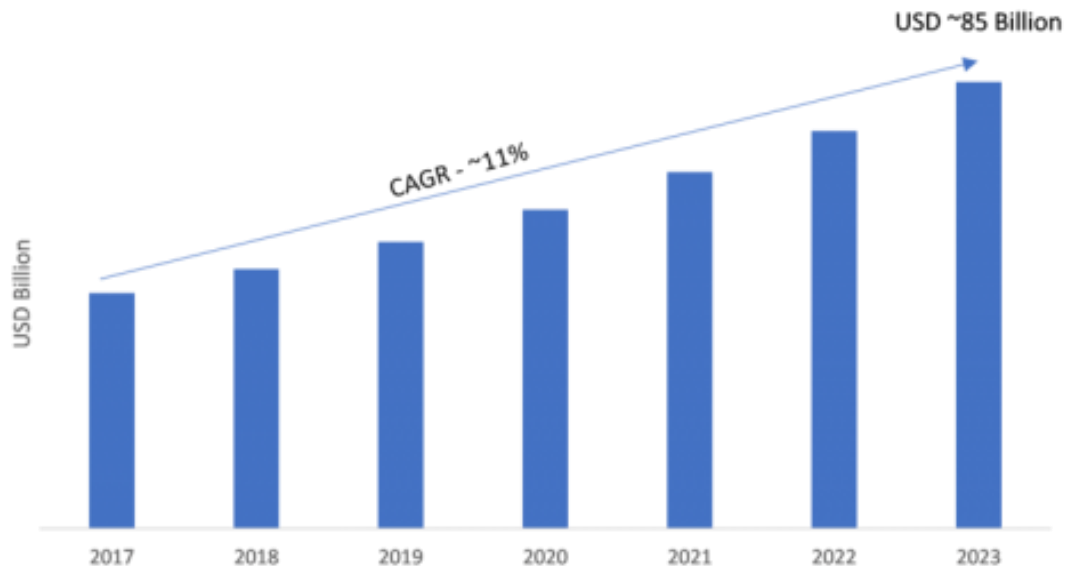
Com avanço das tecnologias, o barateamento dos equipamentos eletrônicos e a tendência da sociedade em buscar cada vez mais simplificar e tornar mais rápidas as tarefas do cotidiano, fez o mercado da automação residencial crescer de forma significativa nos últimos anos. Os números tanto para o mercado mundial quando para o brasileiro comprovam esse crescimento.

### 2.3.1 Comparativo entre os mercados mundial e brasileiro

Nos países considerados desenvolvidos, a automação residencial já é realidade na vida de grande parte da população. Pesquisas indicam que o número de casas automatizadas vem crescendo de maneira acelerada, e a previsão é de que o uso dos sistemas de automação residencial triplique nos próximos dois anos<sup>4</sup>.

Mundialmente, o valor de mercado chegou em 2014 a US\$ 20,38 bilhões e com uma expectativa de atingir US\$ 58,68 bilhões até 2020.<sup>3</sup> A projeção de crescimento anual chega a 11% entre os anos de 2017 e 2023, conforme ilustra o gráfico da Figura 2<sup>4</sup>.

Figura 2 – Estimativa de crescimento do mercado de automação residencial (2018-2023)



Fonte: <https://www.reuters.com/brandfeatures/venture-capital/article?id=45598>

No âmbito nacional o mercado cresce também de maneira acelerada. O barateamento da tecnologia, o surgimento de fábricas brasileiras para o desenvolvimento e comercialização de soluções de automação residencial trouxe um incentivo maior ao mercado nacional, despertando o interesse de diversas empresas.

O mercado brasileiro possui um enorme potencial, mesmo quando comparado a países de primeiro mundo. Entretanto, no momento atual, o número de residências automatizadas ainda é baixo<sup>5</sup>, conforme gráfico apresentado na Figura 3.

#### 2.4 Placas microcontroladas e microprocessadas usadas em automação residencial

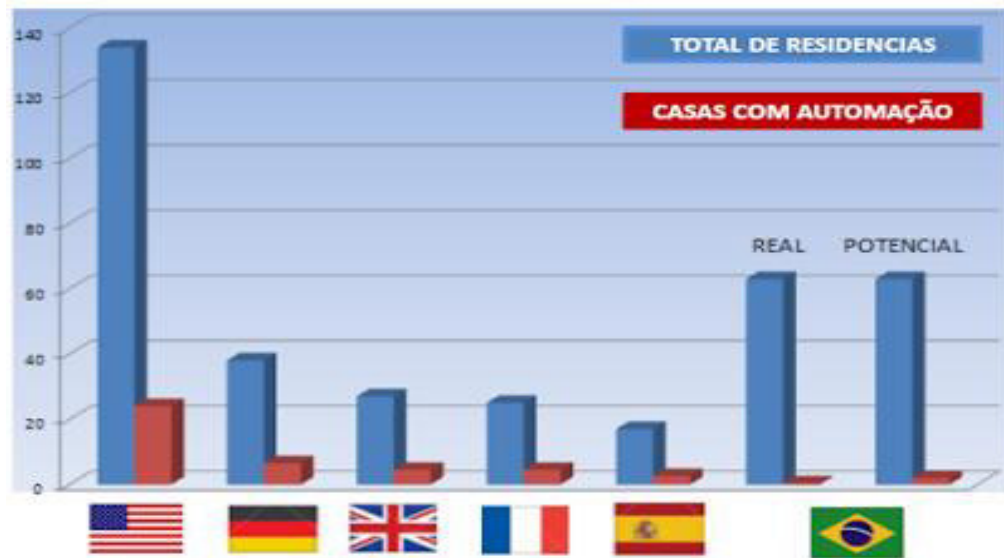
Os sistemas de automação residencial utilizam basicamente dois tipos de placas eletrônicas para o seu funcionamento, as placas microprocessadas e/ou microcontroladas.

<sup>3</sup> Site: <https://www.automatichouse.com.br/imprensa/mercado-de-automacao-residencial/20161003-095242-c417>

<sup>4</sup> Site: <https://www.reuters.com/brandfeatures/venture-capital/article?id=45598>

<sup>5</sup> Site: [https://www.aecweb.com.br/cont/a/os-desafios-do-mercado-da-automacao-residencial\\_8192](https://www.aecweb.com.br/cont/a/os-desafios-do-mercado-da-automacao-residencial_8192)

Figura 3 – Comparação entre os principais mercados de automação residencial no mundo

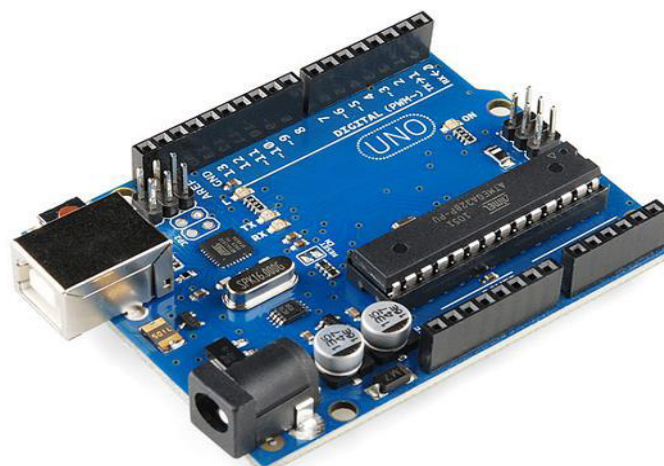


Fonte: <http://www.smartautomacao.com.br/home/como-se-situa-o-brasil-no-mundo-da-automacao-residencial/>

#### 2.4.1 Placas Microcontroladas

As placas microcontroladas são sistemas computacionais de pequeno porte que possuem um microcontrolador e são muito utilizadas na área de automação e controle. Em automação residencial são amplamente utilizados para executar funções de acionamentos e aquisição de dados de um sistema, como é o caso do sistema embarcado Arduino mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Placa microcontrolada Arduino Uno (microcontrolada)

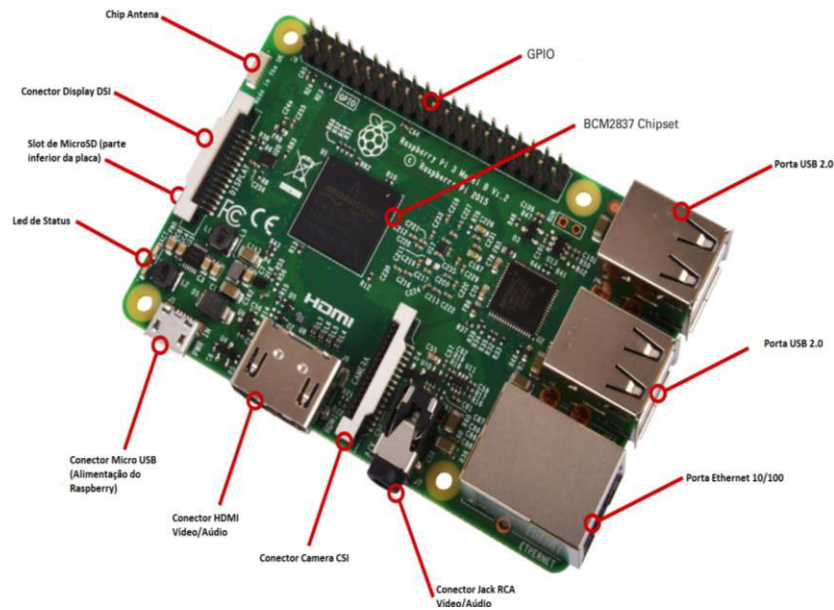


Fonte: <https://www.filipeflop.com/produto/placa-uno-r3-cabo-usb-para-arduino/>

## 2.4.2 Microprocessadas

As placas microprocessadas são placas eletrônicas com a capacidade de realizar funções de cálculos e tomadas de decisões em mais alto nível. Elas possuem um microprocessador e são usadas em computadores, celulares, *tablets* e todos os equipamentos eletrônicos. Normalmente, são empregadas como gerenciadores de informações adquiridas pelas placas microcontroladas,

Figura 5 – Placa Raspberry Pi 3 modelo B (microprocessada)



Fonte: [https://www.cnx-software.com/wp-content/uploads/2016/02/Raspberry\\_Pi\\_3\\_Large.jpg](https://www.cnx-software.com/wp-content/uploads/2016/02/Raspberry_Pi_3_Large.jpg) (traduzido)

devido ao seu maior poder computacional, ficando com a tarefa de manipulação de fluxo de dados em maior nível no processo de automação. A Figura 5 apresenta um sistema embarcado baseado na arquitetura ARM com 4 núcleos de processamento.

Com isso, essas placas são indispensáveis para sistemas de automação residencial que executam funções de integração de sistemas. Normalmente as placas microprocessadas são o “cérebro” de um sistema de automação residencial, e são denominadas de “central de automação”, conforme dispositivo mostrado na Figura 6.

## 2.5 Atuadores, sensores e a central de automação

De uma forma geral, pode-se resumir três tipos de elementos com funções distintas em um sistema de automação residencial (ACCARDI, 2012):

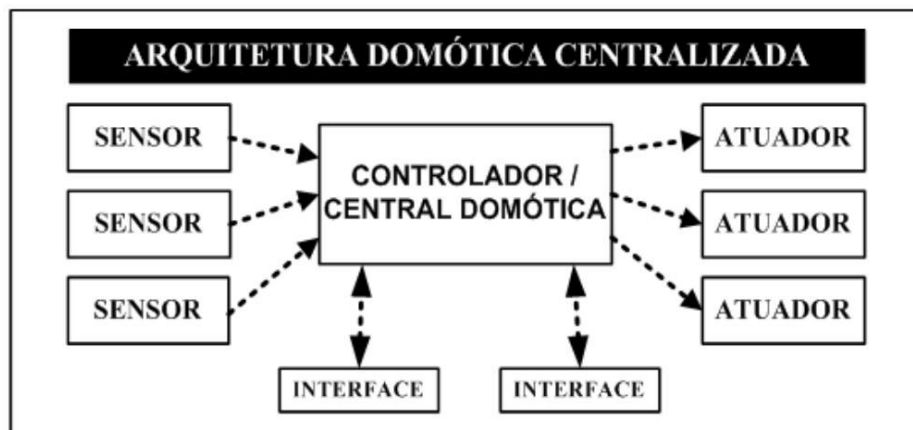
Figura 6 – Central de automação residencial



Fonte: <https://i0.wp.com/grupofor.com.br/wp-content/uploads/2017/01/Broadlink-RMPRO.png?fit=1067%2C800&ssl=1>

- a) Atuadores, que são dispositivos que irão acionar componentes ou equipamentos completos;
- b) Sensores, que irão coletar dados fornecidos pelos dispositivos de leitura de grandezas físicas (magnéticas, elétricas, óptica, etc);
- c) Central de automação, principal componente deste sistema, tem uma função ainda mais fundamental, recebendo informações das interfaces dos dispositivos dos usuários por diversos meios, como celulares, e dos sensores instalados na residência, e enviando comandos aos atuadores de forma a obter a automação de um determinado processo, como o controle da temperatura de uma sala. A Figura 7 apresenta em diagrama de blocos os elementos envolvidos na automação residencial.

Figura 7 – Arquitetura centralizada de um sistema de automação



Fonte: <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAAsK4AB/automacao-residencial-com-utilizacao-controlador-logico-programavelaQ2zxI0SrCDcuGE9C4tui&ust=1542221688320275>

### 2.5.1 Atuadores

Os atuadores em um sistema de automação são responsáveis por fazerem os acionamentos dos equipamentos e dispositivos que fazem parte da residência. Ligar e desligar lâmpadas, configurar a temperatura do ar-condicionado em um valor específico, ligar e desligar uma TV, abrir ou fechar uma cortina motorizada, são alguns exemplos onde os atuadores exercem ações. O relé (Figura 8) é um componente que isola magneticamente a parte de controle da carga, possibilitando digitalmente a sua atuação<sup>6</sup>.

Figura 8 – Módulo atuador para controle de cargas elétricas



Fonte: <http://www.msato.com.br/produtos/power-relay/detalhe>

A comunicação entre os atuadores e a central de automação pode ser feita de maneira cabeada ou sem fio, assunto que será abordado em capítulos posteriores. Os atuadores normalmente possuem um circuito integrado que recebe a informação enviada pela central de automação e, a partir dessa informação, executa uma ação.

### 2.5.2 Sensores

Os sensores são os dispositivos que permitem classificar um sistema de automação como inteligente, tendo a função de coletar dados para a central de automação. Valores de temperatura ambiente ou da água, quantificar a luminosidade em um quarto, identificar a presença de uma

---

<sup>6</sup> Site: <http://eletronicaqui.com/2016/11/rele/>



pessoa, identificar a abertura de uma porta ou janela (Figura 9), são alguns exemplos onde os sensores coletam dados e enviam para a central de automação.

Figura 9 – Sensor de abertura de portas e janelas



Fonte: <https://loja.3srautomacao.com.br/mini-sensor-magnetico-de-abertura-c-fio-branco-msa>

Em automação residencial os sensores são utilizados principalmente para questões de segurança, por exemplo informando ao usuário se há alguém dentro de sua residência quando o local deveria estar fechado e sem nenhuma presença humana.

### 2.5.3 Central de automação

A central de automação é o cérebro do sistema (arquitetura centralizada), com a função de receber os dados dos sensores, das interfaces dos usuários (*smartphones*, *tablets*, *keypads*, etc), enviando comandos aos atuadores<sup>7</sup>, conforme ilustra a Figura 10. O profissional que faz a instalação de um sistema de automação residencial normalmente faz todas as configurações de preferências do usuário (customização do sistema), como a criação das cenas e agendamentos, através da central de automação.

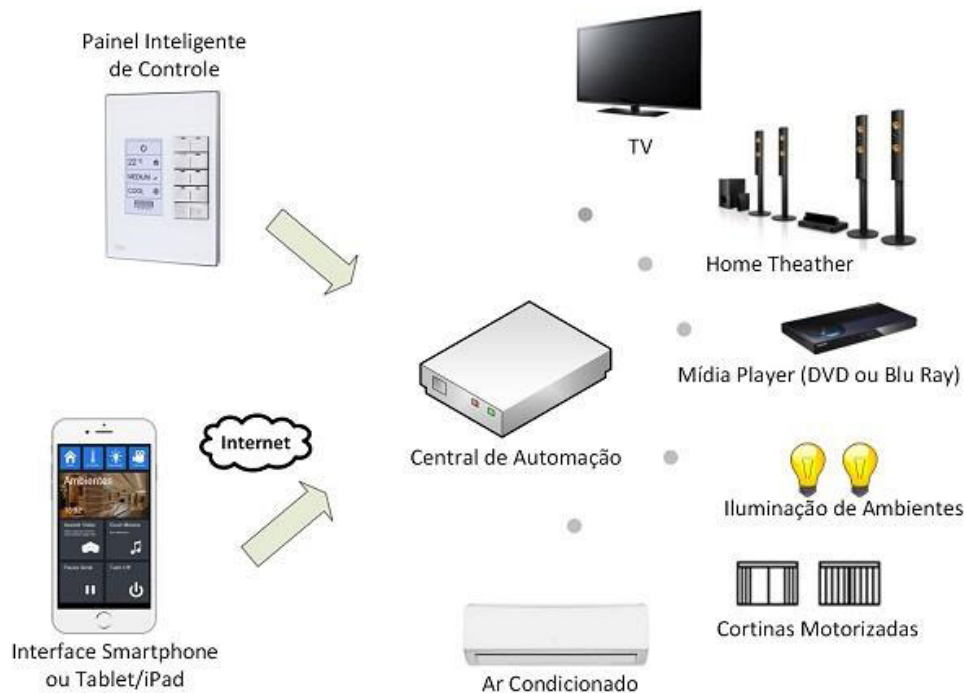
A central de automação, na maioria dos casos, tem uma ligação através de um cabo *ethernet* com o roteador de Wi-Fi da residência. Essa ligação permite a comunicação local (dentro da residência) entre os *smartphones* e *tablets* com todo o sistema ligado a ela e também permite o comando da automação remotamente, através da *internet*<sup>8</sup>.

---

<sup>7</sup> Site: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17829/material/ARTIGO02.pdf>

<sup>8</sup> Site: <https://www.b2home.com.br/casa-inteligente-automacao-residencial/>

Figura 10 – Exemplo de um sistema de automação residencial baseado em arquitetura centralizada



Fonte: <http://integrahaus.com.br/produtos/automacao-residencial/>

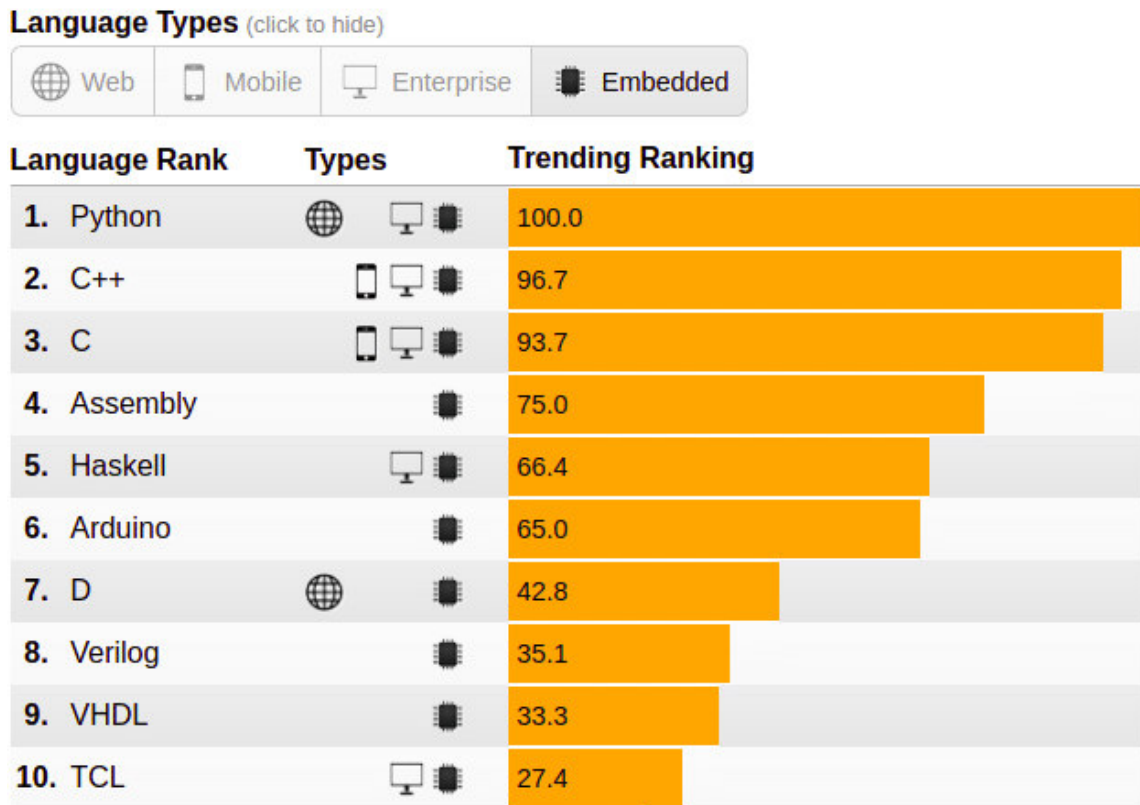
## 2.6 Principais linguagens de programação utilizadas em automação residencial

Para a programação dos equipamentos de sistemas de automação residencial é necessária uma linguagem de programação que vai depender de qual ou quais tipos de placas eletrônicas o sistema possuir. Existem sistemas que trabalham com um tipo de linguagem em sua central de automação e outro tipo de linguagem em seus atuadores, que é o caso do implementado neste trabalho de monografia.

As principais linguagens utilizadas para programação de sistemas de automação residencial nos dias de hoje são a linguagem C/C++ e Python, que se tornaram populares devido à grande adesão as placas Arduino e Raspberry Pi pela comunidade de desenvolvedores. A Figura 11 apresenta um ranking com várias linguagens, fazendo referências aos seus usos nos diversos segmentos do processo (internet, *smartphone*, circuitos, etc). A linguagem Java também está presente na maioria desses sistemas, porém normalmente o programador não a utiliza de maneira direta<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Site: <https://www.embarcados.com.br/linguagens-ieee-spectrum-2018/>

Figura 11 – *Ranking* das linguagens mais utilizadas em sistemas embarcados (23/08/2018)



Fonte: <https://www.embarcados.com.br/linguagens-ieee-spectrum-2018/>

### 2.6.1 Linguagem C/C++

A linguagem C e a C++ não são exatamente a mesma, porém estão relacionadas. C++ foi desenvolvida com o objetivo de melhorar a linguagem C e ainda manter máxima a sua compatibilidade. Trouxe maior possibilidades de programação em alto nível, alta flexibilidade, reutilização de código, portabilidade e consistência. Em sistemas embarcados é amplamente utilizada e por isso possui vasta base de códigos para diversos tipos de aplicações<sup>10</sup>. A Figura 12 ilustra um pequeno segmento de código em C, exemplificando o uso do comando **if-else**.

### 2.6.2 Linguagem Python

Python é uma linguagem de alto nível orientada a objeto, interpretada e interativa, possuindo uma sintaxe clara e concisa (BORGES, 2010).

<sup>10</sup> Site: <http://www.tiexpert.net/programacao/c/introducao-cpp.php>

Devido a facilidade de entendimento, tornou-se popular para o ensino de linguagem de programação a crianças em escolas do mundo todo<sup>11</sup>. É uma linguagem bastante utilizada na placa eletrônica Raspberry Pi, que será utilizada neste trabalho (Figura 13).

Figura 12 – Exemplo de um código básico em linguagem C

```

/*Uso de if e else*/

#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include<conio.h>
int main()
{
    float n1, n2;

    printf("\nDigite um numero:");
    scanf("%f",&n1);
    printf("\nDigite outro numero:");
    scanf("%f",&n2);

    if (n1>n2)
        printf("\nO maior numero e:%.2f",n1);
    else
    {
        if(n2>n1)
            printf("\nO maior numero e:%.2f",n2);
        else
            printf("\nNumeros iguais!");
    }

    getch();
}
//Obs: é bom sempre que poder ter um else pra cada if criado.

```

Fonte: <http://codigobasico.blogspot.com/2011/03/empregando-if-e-else-c.html>

## 2.7 Formas de comunicação entre elementos do sistema de automação residencial

Os elementos que compõem um sistema de automação residencial precisam se comunicar para efetuar as tarefas desejadas pelo usuário. A central de automação precisa receber dados dos sensores e das interfaces e enviar os comandos necessários aos atuadores. Essa comunicação pode ser dividida em três categorias básicas: comunicação cabeada, comunicação

<sup>11</sup> Site: <http://www.revistaeducacao.com.br/ensino-de-programacao-e-aposta-de-colegios-em-todo-o-mundo/>

Figura 13 – Exemplo de um código básico em linguagem Python

```

1  print "Digite seu nome: "
2  nome = raw_input()
3  if nome != "" :
4      print "Ola, " + nome + !"
5  else :
6      while nome == "" :
7          print "Digite seu nome: "
8          nome = raw_input()
9          print "Oii, " + nome + !"
10         print "Finalmente nos conhecemos!"
11     print "Tchau! o/"

```

Fonte: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-9-Codigo-em-Python-gerado-a-partir-do-algoritmo-mostrado-na-Figura-6\\_fig6\\_311850629](https://www.researchgate.net/figure/Figura-9-Codigo-em-Python-gerado-a-partir-do-algoritmo-mostrado-na-Figura-6_fig6_311850629)

sem fio ou *wireless*, e a comunicação híbrida (parte sem fio e parte cabeada). Dentro da categoria de comunicação sem fio, existem diversas tecnologias que possuem diferentes características para efetuar a troca de dados entre os equipamentos de automação presentes em uma residência.

### 2.7.1 Cabeado

Para sistemas de automação residencial cabeada normalmente é usado o cabo de par trançado, popularmente conhecido como cabo de rede<sup>12</sup>. A instalação de um sistema cabeado exige maior infraestrutura, necessitando muitas vezes de um espaço específico para acomodar toda a fiação elétrica e de dados e os equipamentos de automação (Figura 14). Isso limita um pouco a aceitação da instalação quando a residência já está finalizada, devido a necessidade de fazer intervenções na infraestrutura como quebrar uma parede ou um forro de gesso.

### 2.7.2 Bluetooth

Raros são os sistemas de automação residencial que utilizam comunicação *bluetooth* entre seus equipamentos. É mais comum a utilização desta tecnologia para a comunicação entre um aplicativo no *smartphone* ou *tablete* com a central de automação, com o objetivo de enviar os

<sup>12</sup> Site: <https://www.instructables.com/id/Web-Enabled-Home-Thermostat-and-Home-Automation-Hu/>

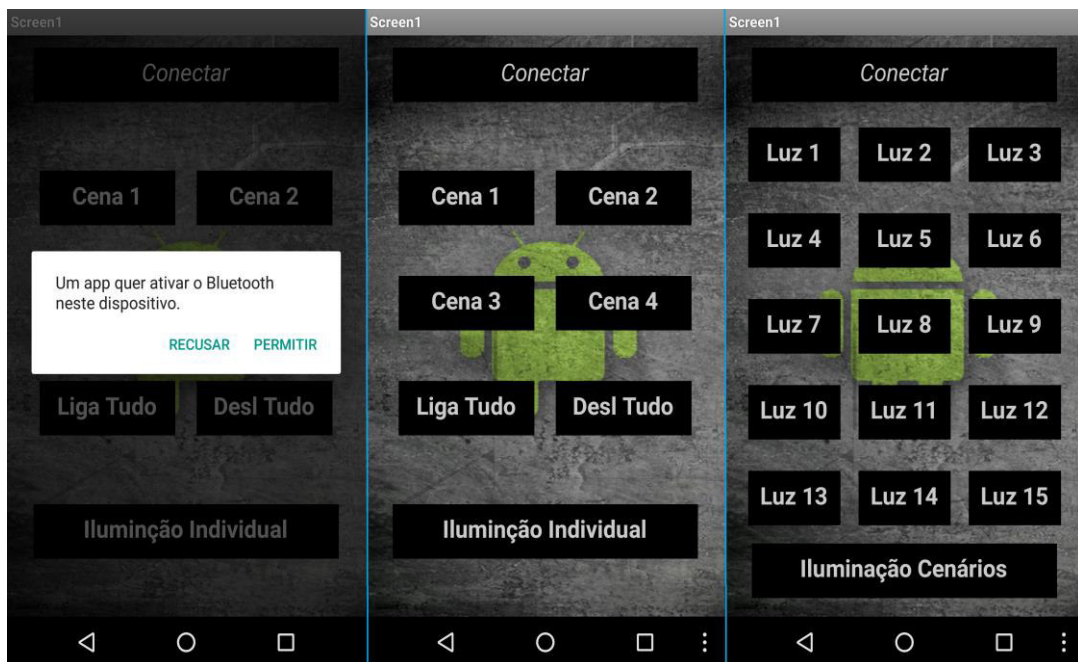
Figura 14 – Quadro de automação residencial



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=EorvsZMn1RU>

comandos que o usuário deseja ao sistema. A Figura 15 ilustra as telas de um celular contendo os elementos de controle na automação residencial para ativar/desativar possíveis cenas de iluminação de ambiente, onde a interface utiliza a comunicação *bluetooth* (mensagem da imagem à esquerda) para o enviar os comandos.

Figura 15 – Aplicativo para automação residencial com comunicação *Bluetooth*



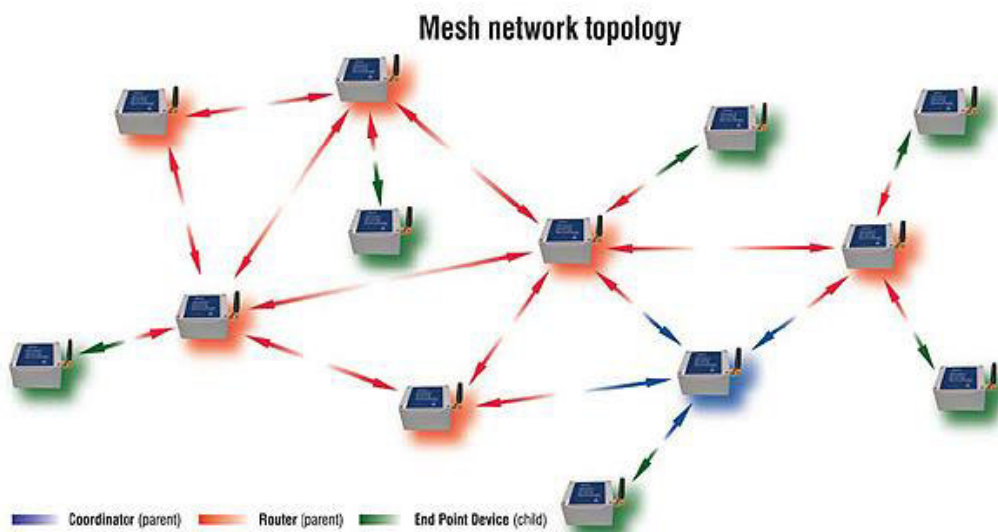
Fonte: Autor

### 2.7.3 Radiofrequência

Em sistemas de automação residencial sem fio a comunicação em radiofrequência é atualmente a mais utilizada. Essa tecnologia possui um baixo custo e baixo consumo de energia, e em alguns casos pode funcionar em um módulo sensor apenas com a alimentação de pilhas ou baterias. Empresas fabricantes de equipamentos de automação que trabalham com radiofrequência utilizam diferentes frequências para a comunicação de seus módulos. As mais comuns são: 315/433 MHz e 2.4 GHz<sup>13</sup>.

Um módulo com comunicação em radiofrequência que é bastante utilizado até na área de automação industrial é o módulo *XBee* do padrão *ZigBee*<sup>14</sup>. Essa tecnologia tem a vantagem de trabalhar em rede *mesh*, onde cada módulo *XBee* pode funcionar como repetidor de dados com o objetivo de entregar um pacote da maneira mais rápida e confiável possível (Figura 16).

Figura 16 – Representação de uma rede *Mesh* com os módulos *XBee*



Fonte: <https://gr33nonline.wordpress.com/2015/12/28/large-scale-xbee-networks/>

### 2.7.4 Wi-Fi

A comunicação Wi-Fi tem sido muito utilizada nos últimos anos para soluções pontuais de controle de alguma tarefa da residência, como por exemplo os módulos que controlam

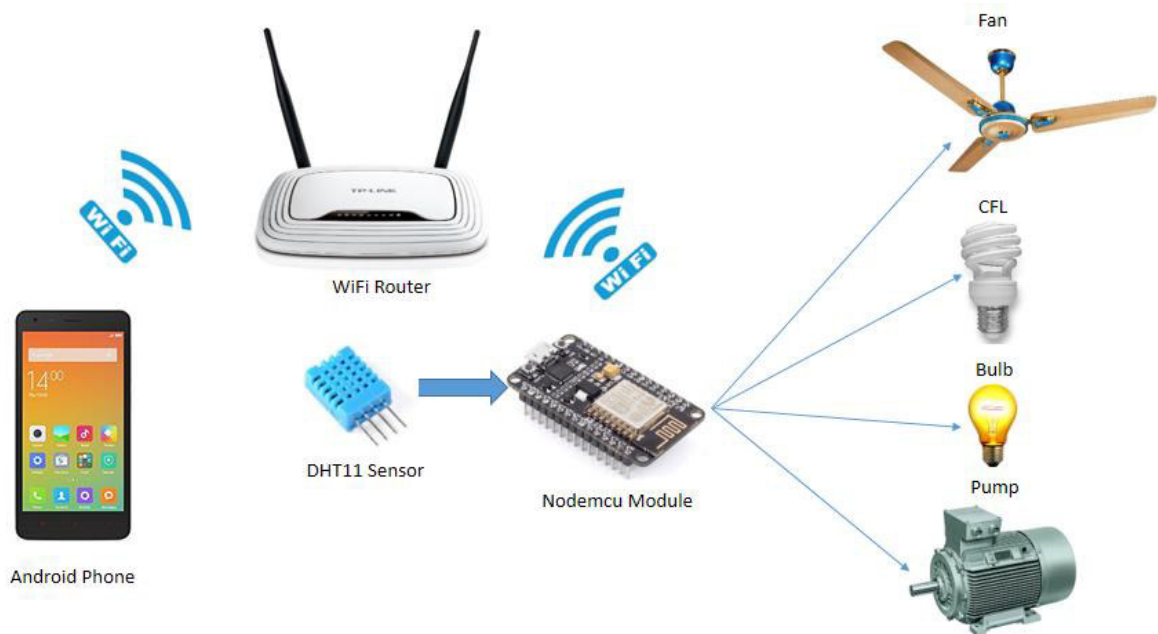
<sup>13</sup> Site: <https://www.ibytes.com.br/modulos-que-atuam-na-faixa-dos-315-e-dos-433-mhz/>

<sup>14</sup> Site: <https://www.zigbee.org/>

iluminação e os módulos que emitem sinais infravermelho. Entretanto esses módulos não fazem parte de um sistema.

Assim como é abordado na implementação do sistema de automação apresentado neste trabalho, existem alguns fabricantes e desenvolvedores que tem aproveitado o surgimento de novas tecnologias de placas eletrônicas com comunicação Wi-Fi para a criação de sistemas completos onde todos os elementos se comunicam pela própria rede já presente nas residências. Tanto os atuadores como os sensores e a central de automação fazem a comunicação entre si por meio desta rede (Figura 17).

Figura 17 – Sistema de automação residencial com comunicação em rede Wi-Fi



Fonte: <http://embeddedlaboratory.blogspot.com/2016/10/control-devices-using-phone-and-nodemcu.html>



### 3 HARDWARE E SOFTWARE DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO EM REDE WI-FI

Neste capítulo será apresentado os *hardware* e os *software* utilizados para a criação do sistema proposto de automação residencial em rede Wi-Fi. São componentes eletrônicos considerados de baixo custo no mercado atual e *software* de desenvolvimentos gratuitos. É importante destacar que tudo o que será apresentado neste capítulo foi implementado e testado em um ambiente residencial real.

#### 3.1 Placa Raspberry Pi 3

A placa eletrônica principal do sistema, que faz o papel da central de automação, é o Raspberry Pi 3 (RPi3) modelo B da Raspberry Pi Foundation. É um computador contido em uma única placa do tamanho de um cartão de crédito<sup>15</sup>, conforme foto mostrada na Figura 18. Neste projeto ela trabalha com o sistema Hass.io<sup>16</sup> que foi a plataforma utilizada para instalação no RPi3B, conforme será descrito mais adiante na Seção 3.8

Figura 18 – Raspberry Pi 3 modelo B com o case



Fonte: Autor

<sup>15</sup> Site: <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/>

<sup>16</sup> Site: <https://www.youtube.com/watch?v=8XviERhZ66s>

Este computador de baixo custo possui alta capacidade de processamento com frequências até 1.2 GHz, arquitetura 64 bits e quatro núcleos. Incorpora um chip de comunicação Wi-Fi embutido, o que é essencial para o projeto proposto. Apesar de a placa possuir a capacidade de receber outros componentes eletrônicos nas suas portas de entrada e saída de dados digitais, neste trabalho ela apenas é usada para função de receber os dados dos sensores, das interfaces dos usuários (*smartphones, tablets, keypads* e similares), e enviar comandos aos atuadores. Toda a programação do sistema é feita diretamente no cartão de memória presente na placa, através da linguagem Python, bastante versátil e atualmente muito usada, destacando-se a área de robótica (RIBEIRO, 2017).

### **3.2 Placa ESP8266**

A placa ES8266 é um microcontrolador projetado pela empresa chinesa Espressif Systems e é definida como uma solução criada para estabelecer uma ponte entre um microcontrolador e a comunicação Wi-Fi, capaz de executar aplicações independentes (KOLBAN, 2016).

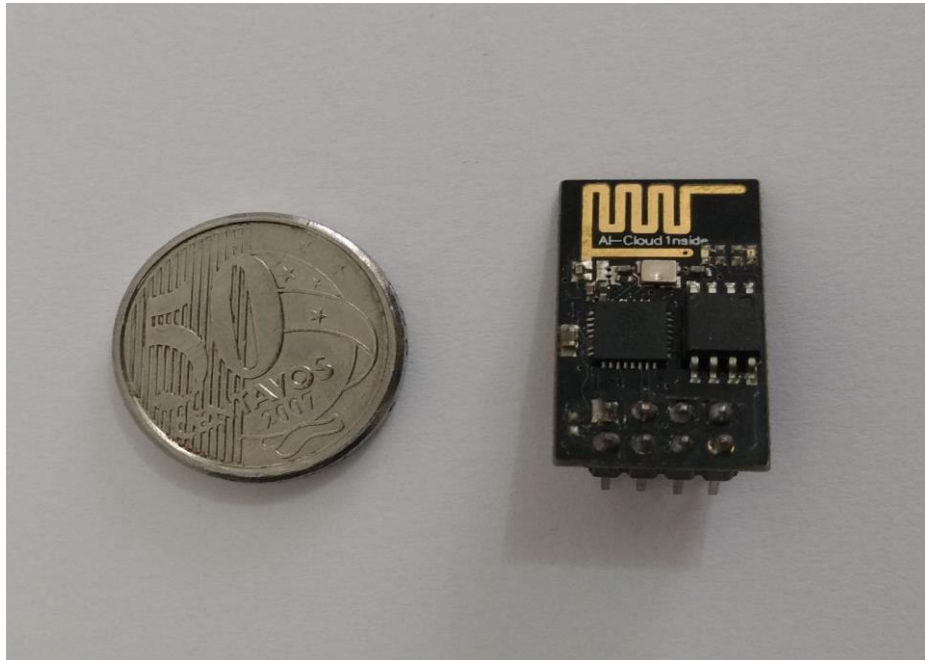
A versão dessa placa utilizada no projeto desta monografia é a ESP-01 que possui oito pinos, sendo a menor disponível (Figura 19). Essas placas trabalham com tensão de 3,3 V e tem consumo de corrente entre 10 $\mu$ A até 170mA, o que permite serem utilizadas com uma bateria de forma eficiente, principalmente para aplicações com sensores.

As placas ESP8266 no sistema de automação residencial proposto estão presentes tanto nos sensores quanto nos atuadores empregados. Cada placa possui um código em linguagem C/C++ que foi compilado através do *software* Arduino IDE. Por meio de suas portas de entrada e saída digitais, os ESP8266 fazem a captura de dados dos sensores e o acionamento de componentes nos atuadores através da rede Wi-Fi.

### **3.3 Amazon Echo Dot**

O dispositivo Amazon Echo Dot, popularmente conhecido como Alexa, é um dispositivo controlado por voz desenvolvido pela empresa Amazon. Possui um alto-falante e permite controlar dispositivos domésticos inteligentes, fazer chamadas, responder a perguntas,

Figura 19 – ESP8266 modelo ESP-01 ao lado de uma moeda de R\$0,50



Fonte: Autor

reproduzir músicas, definir alarmes e temporizadores e muito mais<sup>17</sup>, sendo mostrado na Figura 20. Pode se conectar através de comunicação Wi-Fi e *Bluetooth*.

Figura 20 – Amazon Echo Dot



Fonte: Autor

---

<sup>17</sup> Site: <https://www.amazon.com/Amazon-Echo-Dot-Portable-Bluetooth-Speaker-with-Alexa-Black/dp/B01DFKC2SQ>

No sistema de automação residencial proposto, o Amazon Echo Dot é integrado para possibilitar ao usuário enviar comandos à central de automação, se caracterizando como mais uma interface para realizar controle, assim como os *smartphones* e *tablets*.

### 3.4 Broadlink Rm Mini 3

O Broadlink Rm Mini 3 é um dispositivo desenvolvido para emitir sinais infravermelho e controlar aparelhos que utilizam essa tecnologia em uma residência, conforme mostrado na Figura 21.

Figura 21 – *Broadlink Rm Mini 3*



Fonte: Autor

Possui comunicação Wi-Fi, o que permite a integração com o sistema de automação residencial proposto (sem cabeamento), funcionando como um atuador. Pode ser utilizado para controlar TV, ar condicionado, *home theater* e praticamente qualquer tecnologia que trabalhe comandado por sinais infravermelho<sup>18</sup>.

### 3.5 Sonoff Basic

O Sonoff Basic é um interruptor “inteligente” que possui comunicação Wi-Fi para acionamento de cargas elétricas, normalmente acoplados próximos a interruptores que fazem a

<sup>18</sup> Site: <http://www.ibroadlink.com/rmMini3/>

mesma função, conforme ilustra a Figura 22. Trabalha com tensões entre 90 V e 250 V e pode suportar uma corrente máxima de 10 A<sup>19</sup>.

Figura 22 – Sonoff Basic instalado na residência



Fonte: Autor

No sistema de automação residencial proposto o Sonoff Basic é empregado como um atuador que se comunica com a central de automação.

### 3.5 Sensor de movimento PIR HC – SR501

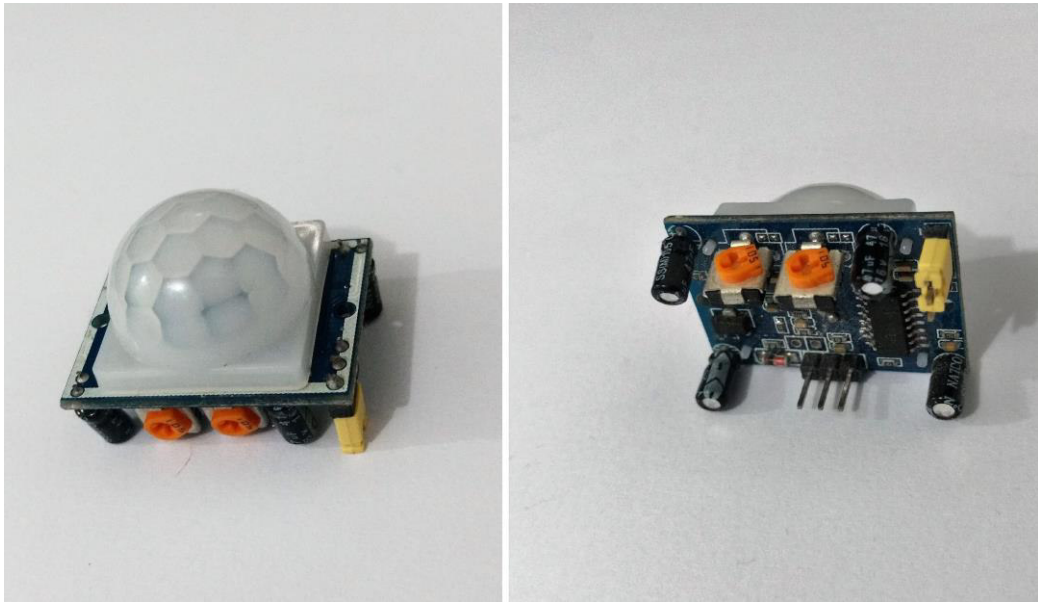
O sensor de movimento PIR HC – SR501 tem a função de identificar movimentos a uma distância de até 7 metros, que ao ocorrer, envia um sinal de 3,3 V através de seu pino de saída. Seu ângulo de abertura é de aproximadamente 120° e possui controle de ajuste de *delay* e sensibilidade<sup>20</sup> (Figura 23).

No sistema de automação residencial proposto o PIR HC – SR501 é utilizado para identificar a presença de uma ou mais pessoas em um determinado ambiente. O sinal de seu pino de saída é enviado ao ESP8266 que por sua vez envia a informação a central de automação por meio da rede Wi-Fi.

<sup>19</sup> Site: <https://sonoff.itead.cc/en/products/sonoff/sonoff-basic>

<sup>20</sup> Site: <https://www.robocore.net/loja/produtos/sensor-de-presenca-pir-hc-sr501.html>

Figura 23 – Sensor de movimento PIR HC – SR501



Fonte: Autor

### 3.6 Sensor de temperatura DS18B20+

O DS18B20+ é um sensor de temperatura que opera com o barramento *one wire digital*, onde seu pino de saída fornece um sinal digital e não analógico, como a maioria dos sensores de temperatura disponíveis no mercado (Figura 24). Funciona com tensão de alimentação de 3,3 V até 5,5 V, sendo sensível a temperaturas entre  $-55^{\circ}\text{C}$  e  $+125^{\circ}\text{C}$ <sup>21</sup>.

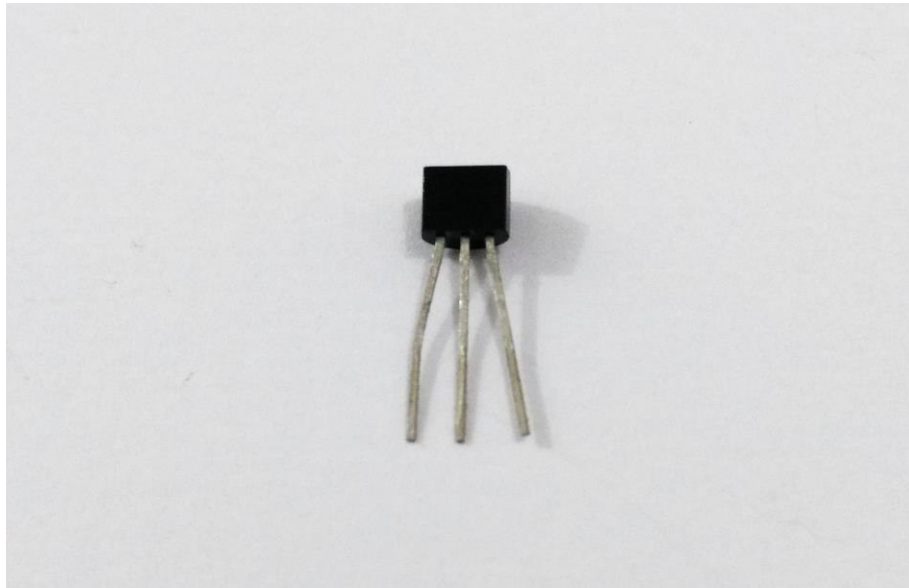
Por fornecer um sinal digital em sua saída, o DS18B20+ é ideal para a aplicação proposta, já que o ESP8266, que irá receber o sinal do sensor, não possui leitura analógica de sinais.

### 3.7 Outros componentes

Para a montagem dos equipamentos e dispositivos do sistema de automação residencial proposto, foram necessários alguns componentes de *hardware* de baixo custo. Esses componentes poderão ser melhorados em trabalhos futuros afim de se obter uma melhor estrutura, confiabilidade e segurança.

<sup>21</sup> Site: <https://www.modmypi.com/raspberry-pi/sensors-1061/temperaturepressurehumidity-1066/ds18b20-one-wire-digital-temperature-sensor>

Figura 24 – Sensor de temperatura DS18B20+



Fonte: Autor

### 3.7.1 *Protoboards*

*Protoboards* são placas de ensaio reutilizáveis que foram feitas para a criação de circuitos elétricos com o intuito de simplificar a sua implementação, dispensando o uso de soldagens que são necessárias em placas de circuito impresso<sup>22</sup>. A Figura 25 apresenta alguns desses componentes em diversos tamanhos e cores disponíveis no mercado.

Neste projeto as *protoboards* foram utilizadas para a implementação dos sensores de movimento e de temperatura juntamente com os ESP8266 que estão associados a eles.

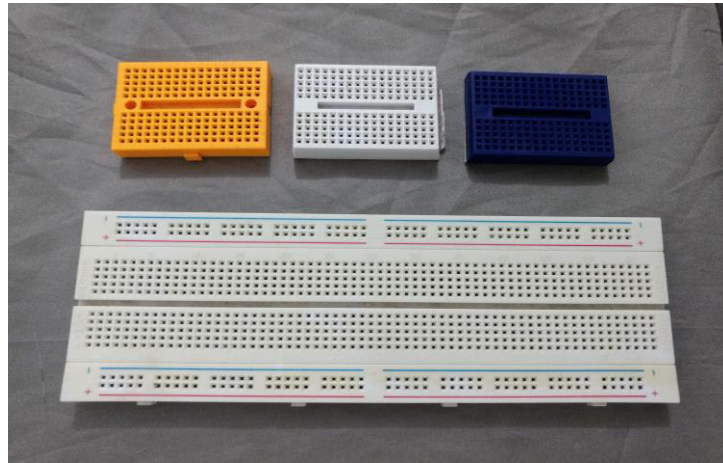
### 3.7.2 Regulador de tensão LM2596

O regulador de tensão LM2596 trabalha como um conversor *DC-DC* no modo *step-down* (chaveadas). Alimentam cargas que necessitam de corrente de até 3 A, recebendo tensão de entrada não regulada entre 3,2 V a 40 V, fornecendo uma tensão de saída ajustável entre 1,5 V e 35 V<sup>23</sup> (Figura 26).

---

<sup>22</sup> Site: <https://www.dobitaobyte.com.br/como-funciona-a-protoboard/>

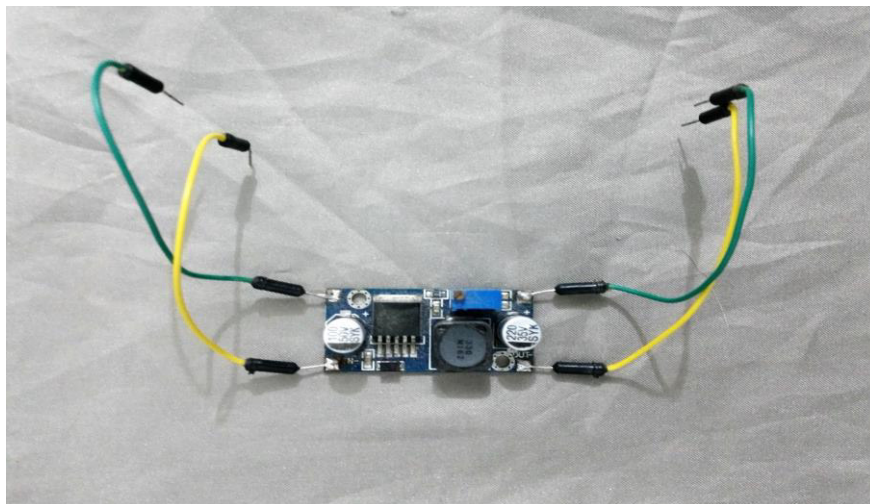
<sup>23</sup> Site: <https://www.filipeflop.com/produto/regulador-de-tensao-lm2596-conversor-dc-dc-step-down/>

Figura 25 – *Protoboards*

Fonte: Autor

No sistema proposto este regulador foi utilizado para fornecer a tensão de 3,3V sendo alimentado por uma fonte de 9V, de forma a energizar os dispositivos ESP8266 juntamente com os sensores de movimento e temperatura.

Figura 26 – Regulador de tensão LM2596



Fonte: Autor

### 3.7.3 Fonte de alimentação 9 V

Foi utilizada uma fonte de alimentação de 9 V chaveada, ligada a uma tomada de 220V, para alimentar os sensores de movimento e temperatura e seus respectivos ESP8266 (Figura 27).



Figura 27 – Fonte de alimentação 9 V



Fonte: Autor

### 3.7.4 Jumpers

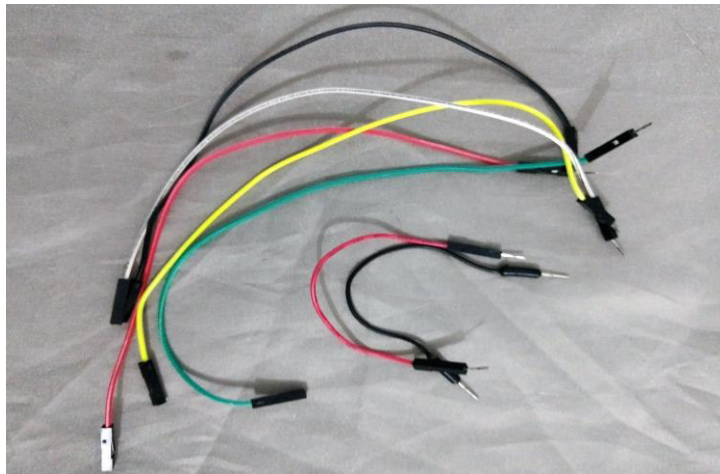
Um *jumper* é um pequeno condutor que é utilizado para conectar dois pontos de um circuito eletrônico (Figura 28)

Foram utilizados para conectar vários componentes eletrônicos entre si e em *protoboards*.

### 3.7.5 XBee explorer USB adapter

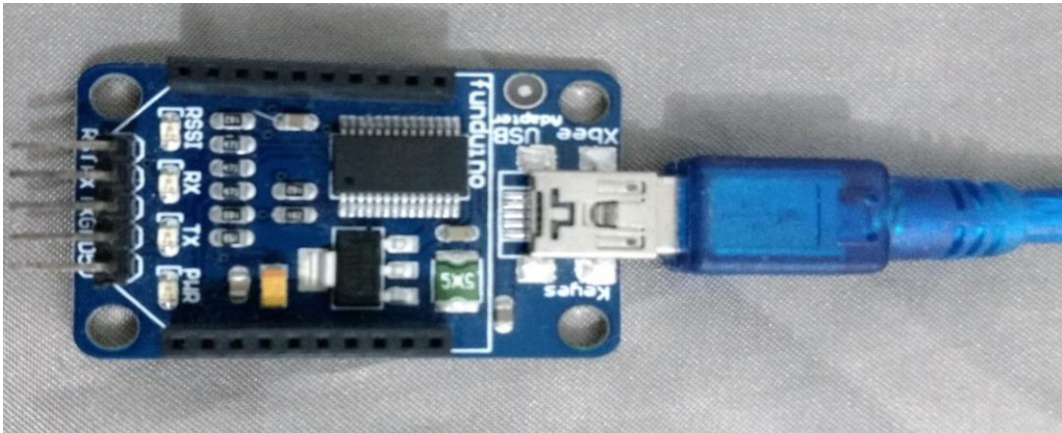
O *XBee explorer USB adapter* é um adaptador *USB-serial*, feito para a configuração de parâmetros do módulo *XBee* (Figura 29).

Figura 28 – *Jumpers*



Fonte: Autor

Figura 29 – Xbee explorer USB adapter



Fonte: Autor

Este adaptador também pode ser utilizado para a programação de outros dispositivos que possuam a comunicação serial *UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)*<sup>24</sup>, e neste trabalho foi utilizado para a compilação dos códigos nos ESP8266.

### 3.7.6 Multímetro

Indispensável para o trabalho com circuitos elétricos, o multímetro foi utilizado para verificar valores de tensões e correntes, além de continuidade de sinais nos circuitos implementados e aparelhos instalados (Figura 30).

Figura 30 – Multímetro



Fonte: Autor

<sup>24</sup> Site: <http://www.circuitbasics.com/basics-uart-communication/>

### 3.8 Home Assistant e o Hass.io

O Home Assistant é um programa em Python que pode funcionar com vários sistemas operacionais e permite rastrear, controlar e automatizar dispositivos, cujo logotipo é mostrado na Figura 31. Foi criado por uma comunidade de entusiastas em eletrônica, programação e automação<sup>25</sup>.

Figura 31 – Logo do *Home Assistant*



Fonte: <https://www.home-assistant.io/>

O Hass.io é uma combinação do Home Assistant e ferramentas que permitem funcionar em um Raspberry Pi e em outras plataformas sem ter a necessidade de configurar um sistema operacional primeiro<sup>25</sup>. No sistema de automação residencial proposto o Hass.io está instalado no Raspberry Pi 3 para funcionar como a central de automação.

### 3.9 MQTT *broker*

O protocolo MQTT (*Message Queuing Telemetry*) é um protocolo de mensagens entre máquinas ou M2M (*Machine-to-Machine*) desenvolvido pela IBM no final dos anos 90. Hoje é utilizado especialmente em aplicações de *IoT* (Internet Of Things), sendo uma das áreas de muito emprego a de automação residencial<sup>26</sup>.

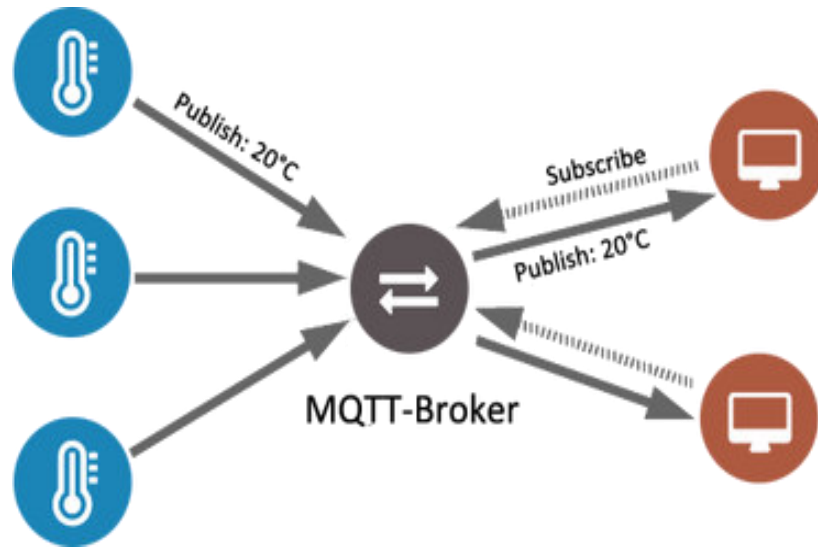
O dispositivo *broker* é um elemento responsável por gerenciar as publicações e as subscrições do protocolo MQTT. Dessa forma, ele recebe e envia mensagens, com capacidade de atender múltiplos aparelhos ao mesmo tempo, através do protocolo de rede TCP/IP<sup>26</sup>, conforme ilustrado na Figura 32.

---

<sup>25</sup> Site: <https://www.home-assistant.io/>

<sup>26</sup> Site: <https://engprocess.com.br/mqtt-broker/>

Figura 32 – Funcionamento do MQTT *broker*



Fonte: <https://pagefault.blog/2017/03/02/using-local-mqtt-broker-for-cloud-and-interprocess-communication/>

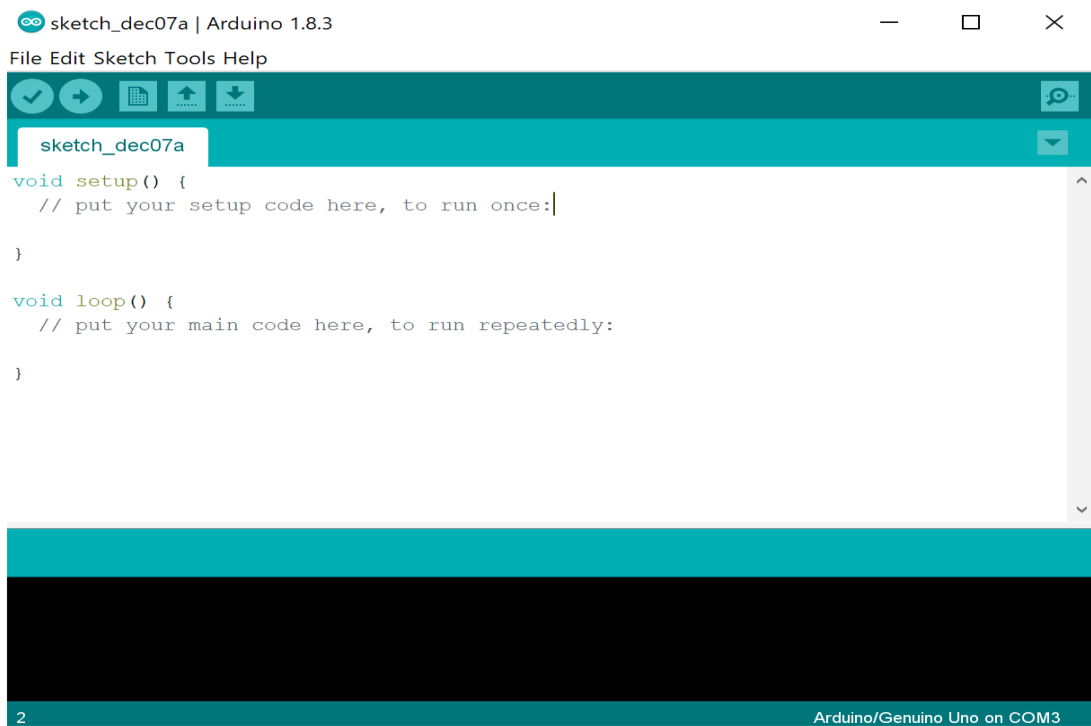
### 3.10 Arduino IDE

O Arduino IDE é o *software* de desenvolvimento integrado da placa Arduino, cuja interface é apresentada na Figura 33. Ele faz o *upload* do código escrito pelo programador em C/C++ na placa<sup>27</sup>.

No sistema de automação residencial proposto, o *software* Arduino IDE foi utilizado para a gravação dos códigos em linguagem C/C++ nas placas ESP8266 com o apoio do *XBee explorer USB adapter*.

<sup>27</sup> Site: <https://www.arduino.cc/>

Figura 33 – Software Arduino IDE



Fonte: <https://support.office.com/pt-br/article/carregando-c%C3%B3digo-de-quadro-e-arduino-ide-a9723765-1314-49e0-a69b-bb5c3e1f628d>

## 4 IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO EM REDE WI-FI

Neste capítulo será explanado os passos tomados para a implementação do projeto de um sistema de automação residencial de baixo custo em rede WI-FI, o qual foi realizado pelo aluno em residências da cidade. Foram utilizados todos os componentes de *hardware* e *software* apresentados no capítulo 3.

O sistema proposto segue a estrutura da arquitetura de controle centralizada ilustrada na Figura 7, presente no Capítulo 2.

### 4.1 Preparação da central de automação, instalação do Hass.io no Raspberry Pi 3B e conexão com a rede Wi-Fi

O sistema embarcado Raspberry Pi 3B, considerado de baixo custo e com boa capacidade computacional, e o sistema Hass.io foram escolhidos para operarem em conjunto exercendo a função de central de automação, conforme ilustrado por seus logotipos na Figura 34.

Figura 34 – Representação da junção da placa Raspberry Pi 3 com o sistema Hass.io



Fonte: <https://joshmccarty.com/initial-setup-configuration-home-assistant-raspberry-pi/>

A instalação do Hass.io foi feita através da transferência do arquivo no formato de imagem de disco (*disk image*), disponível no site do Home Assistant<sup>28</sup>, para o cartão de memória contido no Raspberry Pi 3B.

<sup>28</sup> Site: <https://www.home-assistant.io/getting-started/>

Após a conclusão da instalação, foi necessário criar um arquivo de texto com comandos para a conexão com a rede WI-FI da residência. Esse arquivo contém informações como o nome da rede, senha e o endereço de IP do roteador, conforme mostra a Figura 35.

Figura 35 – Comandos para a conexão da central de automação com a rede Wi-Fi

```
[connection]
id=hassos-network
uuid=72111c67-4a5d-4d5c-925e-f8ee26efb3c3
type=802-11-wireless

[802-11-wireless]
mode=infrastructure
ssid=MY_SSID
# Uncomment below if your SSID is not broadcasted
#hidden=true

[802-11-wireless-security]
auth-alg=open
key-mgmt=wpa-psk
psk=MY_WLAN_SECRET_KEY

[ipv4]
method=auto

[ipv6]
addr-gen-mode=stable-privacy
method=auto
```

Fonte: <https://github.com/home-assistant/hassos/blob/dev/Documentation/network.md>

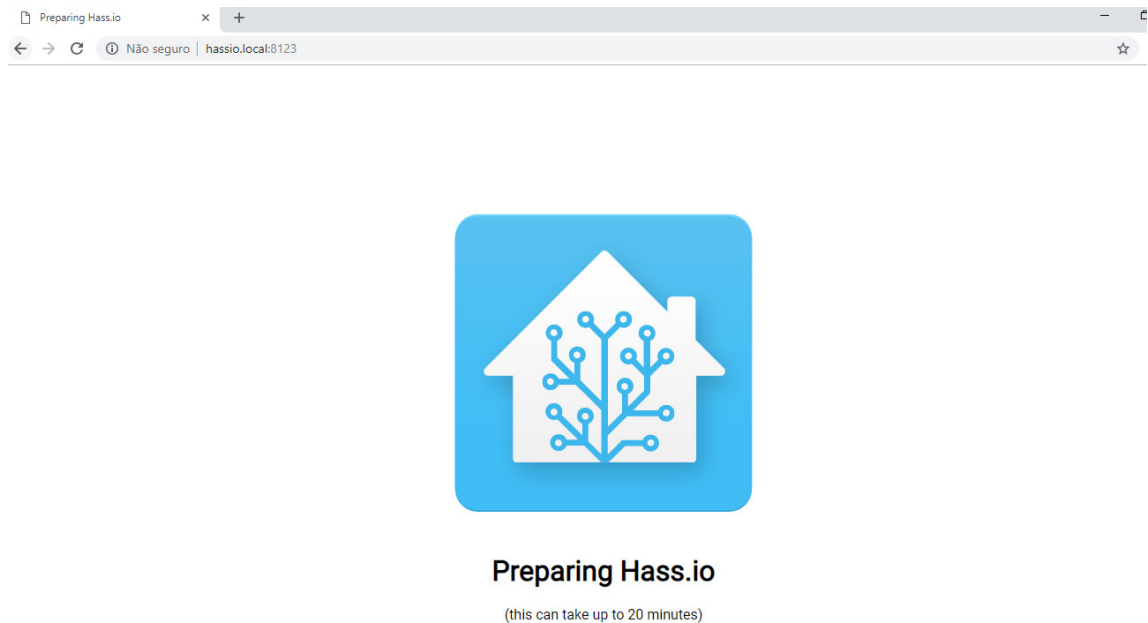
O arquivo de texto criado possui o nome “*my-network*” e foi colocado em uma pasta chamada “*network*”. Essa pasta foi transferida para um *pen drive* (que foi formatado antes desse processo) com o nome “*CONFIG*”. O *pen drive* é inserido na porta *USB* do Raspberry Pi 3B antes de ligá-lo. Quando a placa é energizada o sistema acessa o arquivo contido no *pen drive* e realiza a conexão com a rede Wi-Fi.

Após a conexão com o Wi-Fi, a central instala a última atualização disponível do sistema Hass.io, processo que demora cerca de 20 minutos. O endereço para o acesso a plataforma do sistema via rede local é: <https://hassio.local:8123>, conforme ilustrado na Figura 36.

## 4.2 Primeiras configurações e ajustes na central de automação

Após a instalação da versão mais recente do sistema Hass.io, foram feitos alguns ajustes e configurações iniciais com o objetivo de deixar o sistema preparado para integração com os

Figura 36 – Acesso ao endereço <https://hassio.local:8123>



Fonte: Autor

atuadores e sensores que fizeram parte da automação residencial presente neste trabalho de monografia.

#### 4.2.1 Criação da conta de usuário

Depois de atualizado o sistema Hass.io, é iniciada a interação com a plataforma Home Assistant. No primeiro acesso é solicitada a criação de uma conta de usuário para servir como *login* do sistema, conforme mostra a Figura 37.

#### 4.2.2 Instalação de *add-ons*

A instalação de *add-ons* adiciona ao sistema novas funções que permitem facilitar o uso da automação nas residências e trazer melhorias a mesma. *Add-ons* constituem os *software* complementares que são instalados no sistema Hass.io. A Figura 38 mostra a seção *add-on store* presente na plataforma do Home Assistant.

No projeto implementado neste trabalho de monografia foram instalados os seguintes *add-ons*:



Figura 37 – Solicitação de criação de uma conta de usuário

 Home Assistant

Você está pronto para despertar sua casa, recuperar sua privacidade e se juntar a uma comunidade mundial de consertadores?

Vamos começar criando uma conta de usuário.

Nome  
Obrigatório

Usuário

Senha

CRIAR CONTA

Fonte: Autor

- a) *Configurator*: complemento que permite adicionar um editor de arquivos baseado em navegador, fazendo com que se possa programar os arquivos do Hass.io<sup>29</sup>;
- b) *Duck DNS*: serviço gratuito que permite o acesso ao IP da rede local através da *internet*<sup>30</sup>, possibilitando o uso da plataforma Home Assistant de fora da residência;
- c) *Mosquitto broker*: permite ao sistema fazer troca de mensagens utilizando o protocolo MQTT, o qual foi comentado no capítulo 3.

### 4.3 Programação e integração do atuador Sonoff

O primeiro módulo integrado foi o Sonoff para o controle de iluminação. Foi necessário acessar a parte eletrônica do dispositivo e reprogramar o *chip* do ESP8266 presente na placa, conforme mostrado na Figura 39.

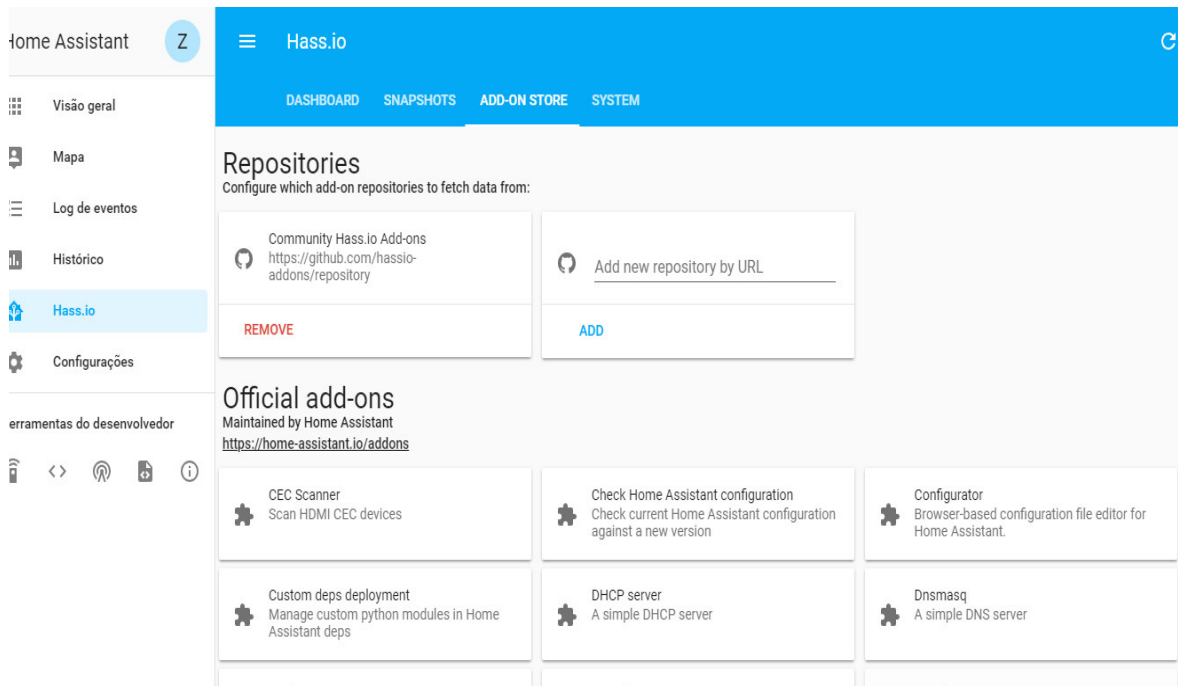
#### 4.3.1 Programação do ESP8266 presente na placa do Sonoff

Utilizando o *XBee explorer USB adapter* foi feita a transferência do código em linguagem C/C++ do software Arduino IDE para a o chip do ESP8266. Este código contém informações

<sup>29</sup> Site: <https://www.home-assistant.io/addons/configurator>

<sup>30</sup> Site: <https://www.duckdns.org/>

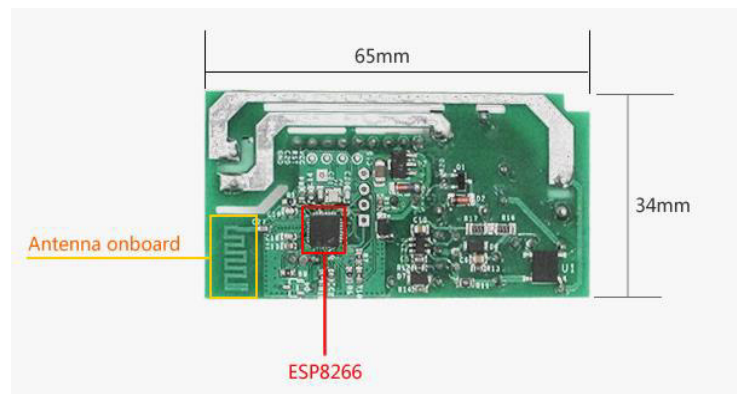
Figura 38 – Seção *add-on store* presente no sistema Hass.io



Fonte: Autor

sobre o nome do dispositivo, a configuração de rede e dados para a conexão com o MQTT *broker* que está instalado na central de automação, conforme mostrado na Figura 40.

Figura 39 – ESP8266 presente na placa do dispositivo Sonoff



Fonte: <http://wannabits.com/2016/12/26/conectar-configurar-conmutador-inteligente-wifi-sonoff/>

### 4.3.2 Integração do Sonoff ao sistema da central de automação

Após a programação do Sonoff ser realizada, foi necessário adicionar linhas de código ao arquivo de configuração da central de automação, na parte destacada no programa apresentado na Figura 41. O acesso ao arquivo é feito através do *add-on Configurator*. As linhas de código

Figura 40 – Trecho de código no Arduino IDE para programação do Sonoff

```

) sonoff - my_user_config.h | Arduino 1.8.7
quivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

sonoff  _changelog  core_esp8266_timer.c  core_esp8266_wiring_digital.c  core_esp8266_wiring_pwm.c  i18n.h  my_user_config.h  settings

define MQTT_BUTTON_RETAIN      0          // [ButtonRetain] Button may send retain flag (0 = off, 1 = on)
define MQTT_POWER_RETAIN      0          // [PowerRetain] Power status message may send retain flag (0 = off, 1 = on)
define MQTT_SWITCH_RETAIN     0          // [SwitchRetain] Switch may send retain flag (0 = off, 1 = on)

define MQTT_STATUS_OFF        "OFF"      // [StateText1] Command or Status result when turned off (needs to be a string like
define MQTT_STATUS_ON         "ON"       // [StateText2] Command or Status result when turned on (needs to be a string like
define MQTT_CMND_TOGGLE       "TOGGLE"   // [StateText3] Command to send when toggling (needs to be a string like "2" or "Tc
define MQTT_CMND_HOLD         "HOLD"     // [StateText4] Command to send when button is kept down for over KEY_HOLD_TIME * (

/ -- MQTT topics -----
// Example "tasmota/bedroom/%topic%/%prefix%/" up to 80 characters
define MQTT_FULLTOPIC         "%prefix%/%topic%/" // [FullTopic] Subscribe and Publish full topic name - Legacy topic

/ %prefix% token options
define SUB_PREFIX             "cmdn"      // [Prefix1] Sonoff devices subscribe to %prefix%/%topic% being SUB_PREFIX/MQTT_TOPIC
define PUB_PREFIX             "stat"     // [Prefix2] Sonoff devices publish to %prefix%/%topic% being PUB_PREFIX/MQTT_TOPIC
define PUB_PREFIX2            "tele"     // [Prefix3] Sonoff devices publish telemetry data to %prefix%/%topic% being PUB_PFI
// May be named the same as PUB_PREFIX

/ %topic% token options (also ButtonTopic and SwitchTopic)
define MQTT_TOPIC             PROJECT    // [Topic] (unique) MQTT device topic, set to 'PROJECT "_06X"' for unique topic in
define MQTT_GRP_TOPIC         "sonoffs"  // [GroupTopic] MQTT Group topic
define MQTT_BUTTON_TOPIC      "0"       // [ButtonTopic] MQTT button topic, "0" = same as MQTT_TOPIC, set to 'PROJECT "_BT
define MQTT_SWITCH_TOPIC      "0"       // [SwitchTopic] MQTT button topic, "0" = same as MQTT_TOPIC, set to 'PROJECT "_SW_
define MQTT_CLIENT_ID         "DVES_06X" // [MqttClient] Also fall back topic using Chip Id = last 6 characters of MAC addre

/ -- MQTT - Telemetry -----
define TELE_PERIOD            300        // [TelePeriod] Telemetry (0 = disable, 10 - 3600 seconds)

:
arragado.
..... [ 76% ]
..... [ 91% ]
..... [ 100% ]

```

Fonte: Autor

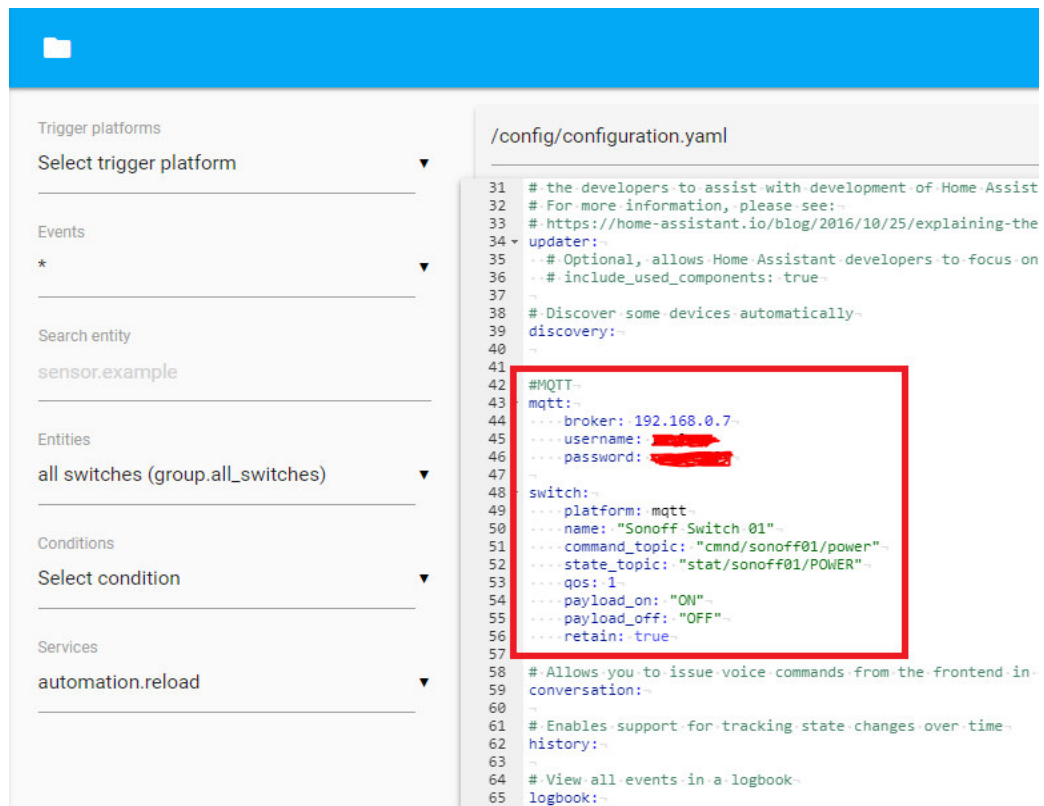
adicionadas permitem a comunicação pelo protocolo MQTT e a inserção do controle do acionamento do Sonoff na tela de comandos da interface Home Assistant.

O Sonoff em questão foi direcionado para atuar no acionamento da lâmpada presente na sala de estar de uma residência na cidade de São Luis. Além de permitir o acionamento através de *tablets*, computadores e *smartphones*, o Home Assistant indica o estado atual da lâmpada (ligada ou desligada), conforme ilustra a imagem da página apresentada na Figura 42.

#### 4.4 Integração do sensor de movimento PIR HC – SR501

O sensor de movimento PIR HC – SR501 foi integrado ao sistema através da conexão de seu pino de saída ao de entrada, ambos digitais, de um ESP8266 que está conectado à rede Wi-Fi e envia dados para a central de automação através do protocolo MQTT. A Figura 43 mostra o circuito montado com o auxílio do regulador de tensão LM2596, de *jumpers* e da *protoboard*.

Figura 41– Trecho de código no arquivo de configuração da central de automação (destaque no retângulo vermelho)



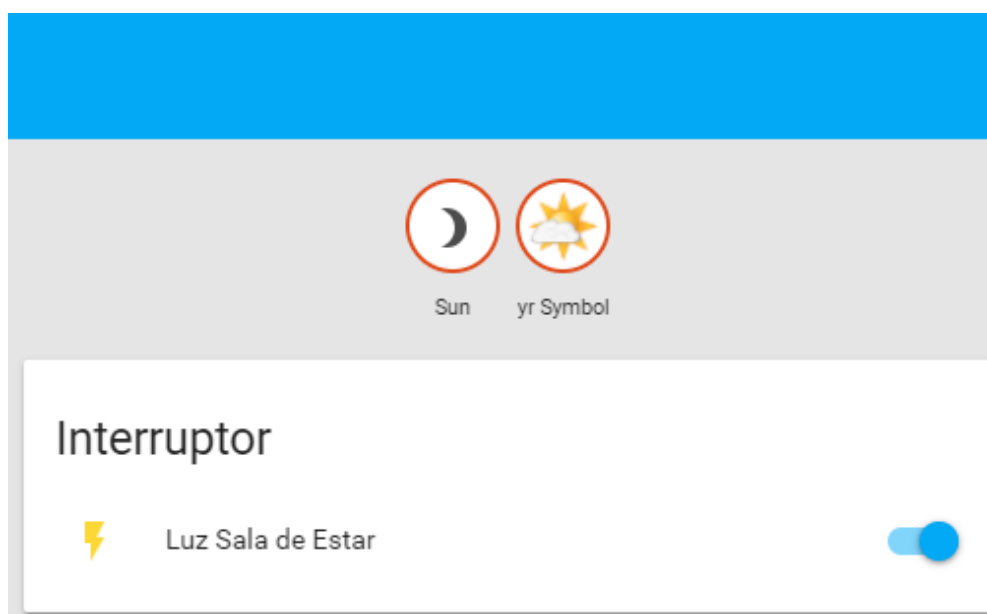
```

31 # the developers to assist with development of Home Assist
32 # For more information, please see:~
33 # https://home-assistant.io/blog/2016/10/25/explaining-the
34 updater:~
35 --# Optional, allows Home Assistant developers to focus on
36 --# include_used_components: true~
37 ~
38 # Discover some devices automatically~
39 discovery:~
40 ~
41 ~
42 #MQTT~
43 mqtt:~
44 --- broker: 192.168.0.7~
45 --- username: ~
46 --- password: ~
47 ~
48 switch:~
49 --- platform: mqtt~
50 --- name: "Sonoff Switch 01"~
51 --- command_topic: "cmd/sonoff01/power"~
52 --- state_topic: "stat/sonoff01/POWER"~
53 --- qos: 1~
54 --- payload_on: "ON"~
55 --- payload_off: "OFF"~
56 --- retain: true~
57 ~
58 # Allows you to issue voice commands from the frontend in
59 conversation:~
60 ~
61 # Enables support for tracking state changes over time~
62 history:~
63 ~
64 # View all events in a logbook~
65 logbook:~

```

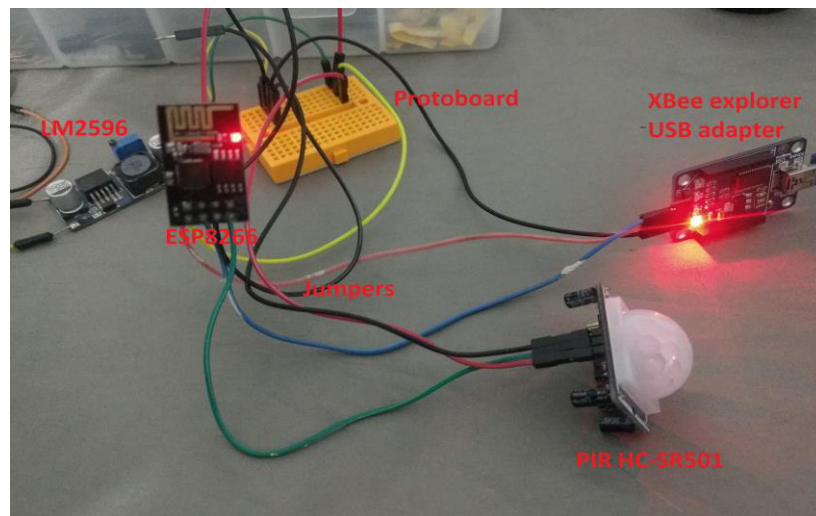
Fonte: Autor

Figura 42 – Controle e estado da lâmpada na interface do Home Assistant



Fonte: Autor

Figura 43 – Montagem do circuito para o funcionamento do sensor de movimento no sistema de automação residencial



Fonte: Autor

#### 4.4.1 Programação do ESP8266 que receberá o sinal do sensor de movimento

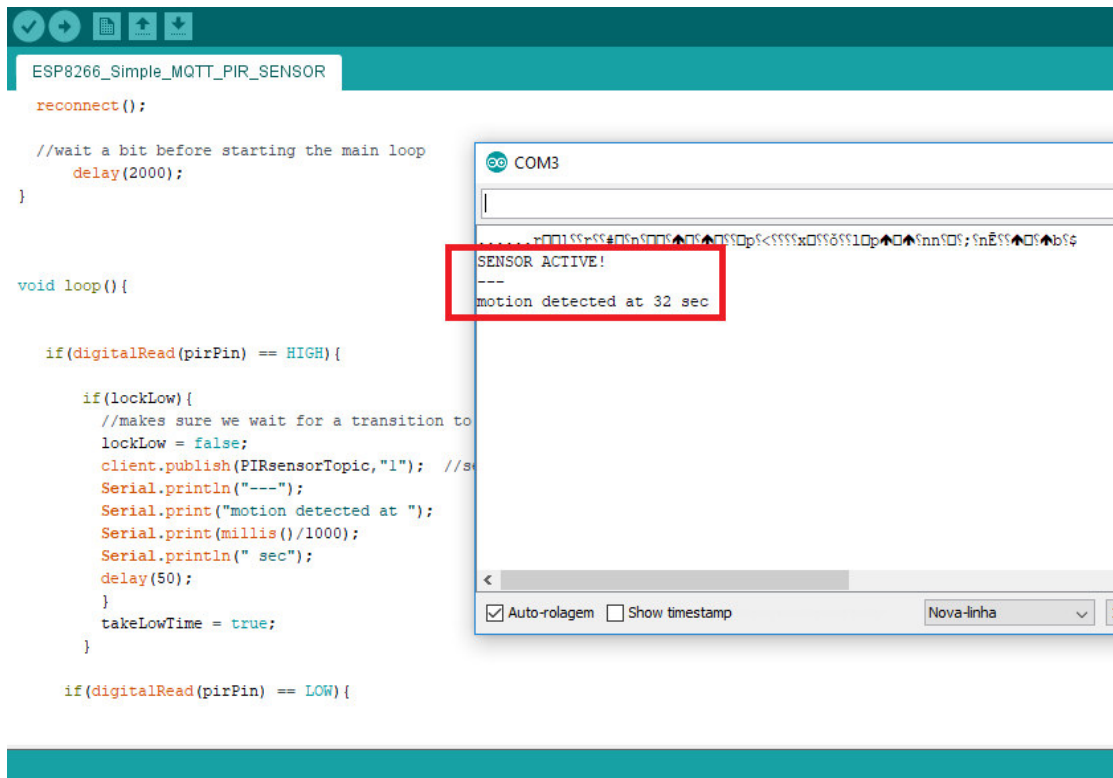
Os mesmos recursos que foram usados para a programação do Sonoff se repetiram com o carregamento do código através do Arduino IDE, o qual possibilita que se envie ao ESP8266 os dados do sensor para a conexão de rede e do MQTT *broker*.

Dessa forma, a programação deste ESP8266 inclui linhas de comando para efetuar a leitura do sinal enviado pelo sensor. Ao energizar o dispositivo, um tempo de calibração de 30 segundos é iniciado para a estabilização do sensor de movimento. Após a calibração, o sensor é ativado e começa a enviar pulsos em sua saída digital, os quais são lidos pelo ESP8266, conforme a informação apresentada no monitor serial do Arduino IDE mostrado em destaque na Figura 44.

#### 4.4.2 Integração do sensor de movimento PIR HC – SR501 ao sistema da central de automação

Assim como com o Sonoff, para a integração do sensor de movimento foi necessário adicionar linhas de código ao arquivo de configuração da central de automação, conforme mostrado em destaque na Figura 45.

Figura 44 – Informação da ativação do sensor no monitor serial do Arduino IDE



The image shows the Arduino IDE interface. On the left, the code for 'ESP8266\_Simple\_MQTT\_PIR\_SENSOR' is visible. The code includes a `reconnect()` function, a delay of 2000ms, and a `loop()` function. Inside the `loop()`, it checks if the PIR sensor is HIGH. If so, it publishes a message to the MQTT topic 'PIRsensorTopic', prints '---' and 'motion detected at ' followed by the current time in seconds, and then delays for 50ms. The serial monitor on the right shows the output: 'SENSOR ACTIVE!' followed by '---' and 'motion detected at 32 sec'. The serial monitor is set to COM3 and has 'Auto-rolagem' checked and 'Show timestamp' unchecked.

```

ESP8266_Simple_MQTT_PIR_SENSOR

reconnect();

//wait a bit before starting the main loop
delay(2000);
}

void loop() {

  if(digitalRead(pirPin) == HIGH){

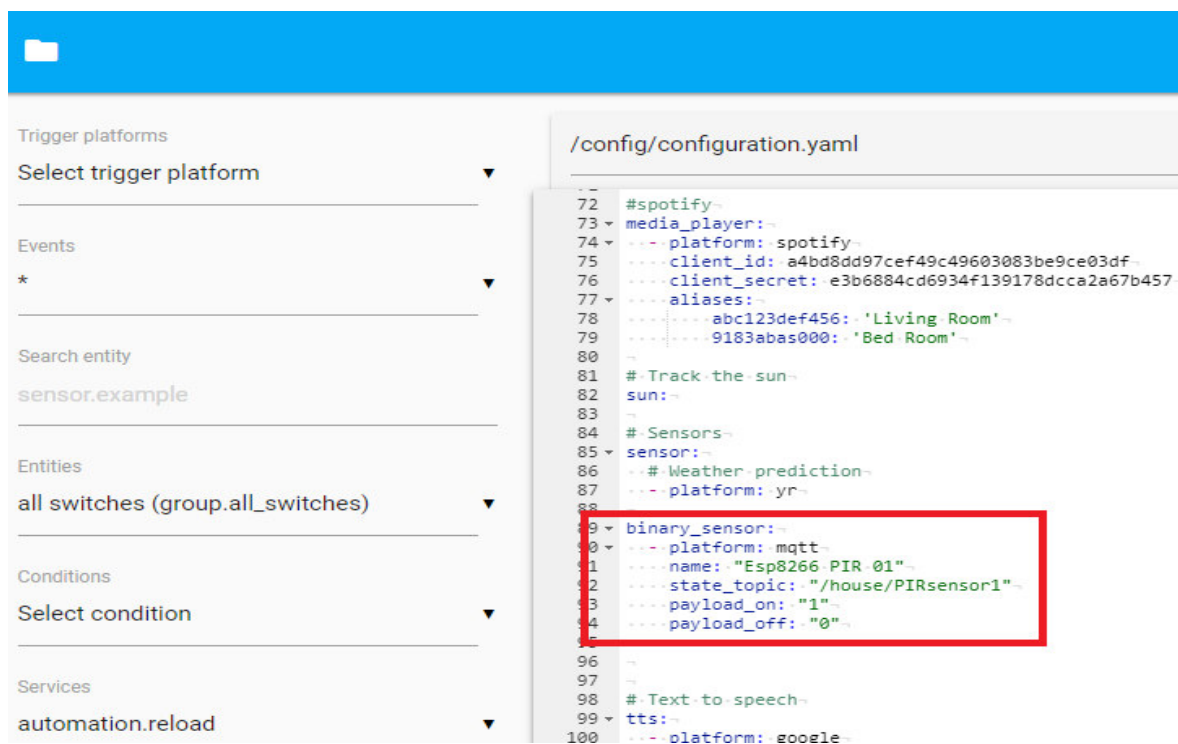
    if(lockLow){
      //makes sure we wait for a transition to
      lockLow = false;
      client.publish(PIRsensorTopic,"1"); //s
      Serial.println("---");
      Serial.print("motion detected at ");
      Serial.print(millis()/1000);
      Serial.println(" sec");
      delay(50);
    }
    takeLowTime = true;
  }

  if(digitalRead(pirPin) == LOW){

```

Fonte: Autor

Figura 45 – Trecho de código no arquivo de configuração da central de automação



The image shows the Home Assistant configuration editor. On the left, there are sections for 'Trigger platforms', 'Events', 'Search entity', 'Entities', 'Conditions', and 'Services'. The 'Search entity' section is active, showing 'sensor.example'. The main area displays the configuration file `/config/configuration.yaml`. A red box highlights a configuration for a binary sensor:

```

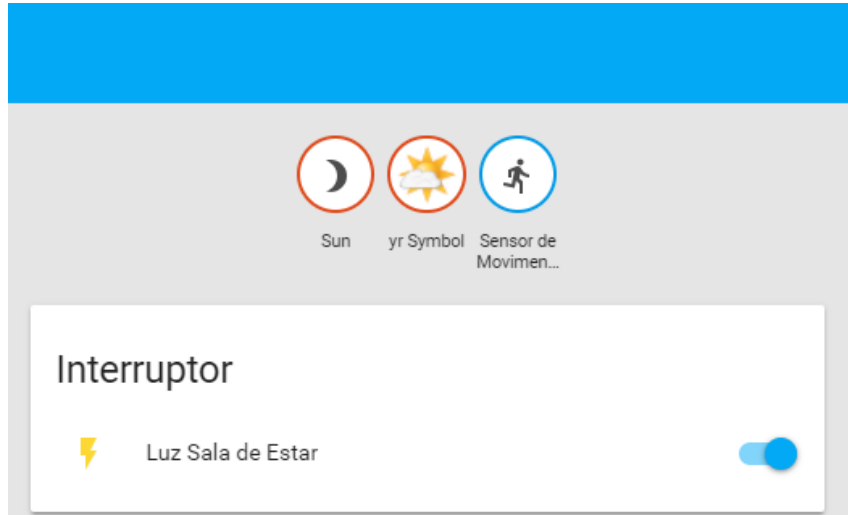
99 -> binary_sensor:
100 ->   -> platform: mqtt
101 ->     name: "Esp8266 PIR 01"
102 ->     state_topic: "/house/PIRsensor1"
103 ->     payload_on: "1"
104 ->     payload_off: "0"

```

Fonte: Autor

Após a integração e ajustes feitos no sistema Hass.io, a informação do sensor aparece na interface do Home Assistant, conforme aparece na imagem da página mostrada na Figura 46.

Figura 46 – Estado do sensor de movimento na interface do Home Assistant



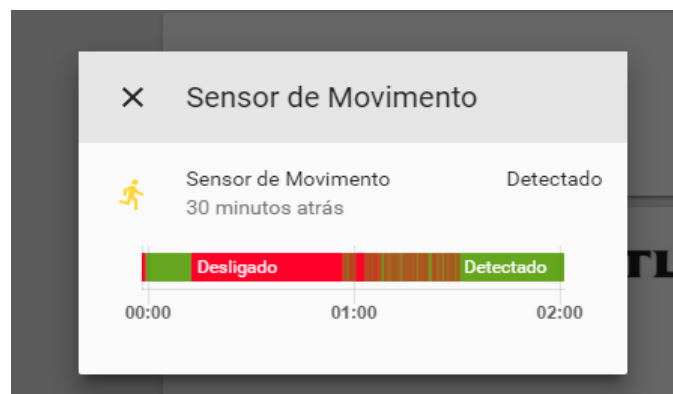
Fonte: Autor

Ao clicar no ícone do sensor de movimento, pode-se ver o histórico de detecções do sensor e o horário de cada mudança de estado, conforme pode-se observar na Figura 47.

#### 4.5 Integração do sensor de temperatura DS18B20+

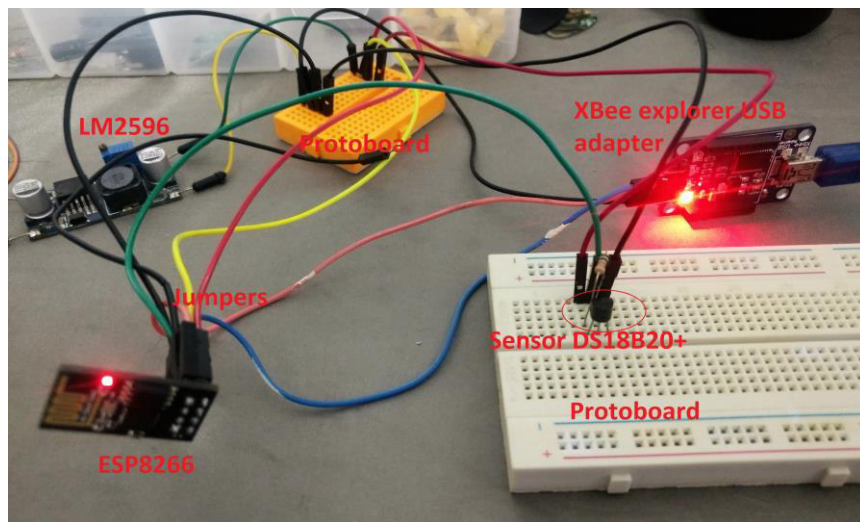
A programação e integração desse sensor seguiu exatamente os mesmos passos do processo feito com o de movimento citado anteriormente. A Figura 48 mostra como a configuração do circuito montado para esse sensor.

Figura 47 – Histórico de detecções do sensor de movimento e os horários das mudanças de estado



Fonte: Autor

Figura 48 – Montagem do circuito para o funcionamento do sensor de temperatura no sistema de automação residencial



Fonte: Autor

O sensor de temperatura DS18B20+ também funciona junto a um ESP8266 que foi programado através do Arduino IDE para se conectar à rede Wi-Fi e fazer a comunicação pelo protocolo MQTT, enviando os dados que recebe do sensor de temperatura. O código presente no ESP8266 já faz a conversão dos valores recebidos do sensor para a escala termométrica de graus Celsius. Esses são os valores enviados para a central de automação, como mostra a Figura 49.

Após feita a integração com o sistema Hass.io, o sensor aparece na interface do Home Assistant e apresenta os valores de temperatura, conforme mostra a Figura 50.

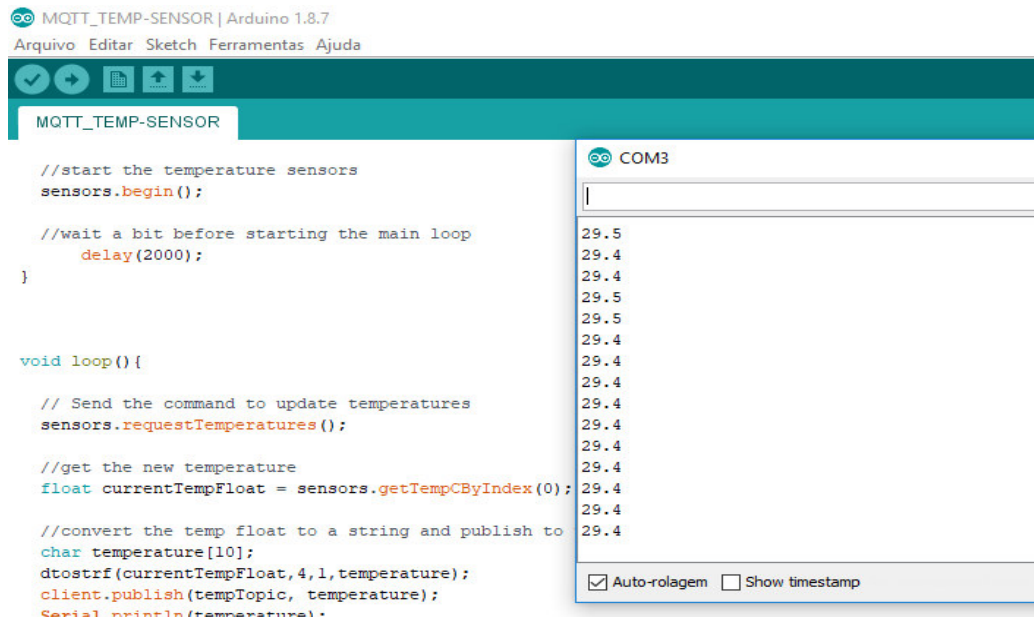
#### 4.6 Integração do Broadlink Rm Mini 3

Para integrar o Broadlink Rm Mini 3 e permitir ao sistema controlar os aparelhos que recebem sinais infravermelho, o primeiro passo foi conectá-lo a rede Wi-Fi. Quando ligado pela primeira vez, o Broadlink cria uma rede Wi-Fi própria que serve para colocar o nome da rede que o dispositivo deverá se conectar e a senha.

Para a integração com o sistema Hass.io foi necessário descobrir o endereço de IP do Broadlink na rede local e o seu endereço MAC (*Media Access Control*). Foi utilizado o programa *Network Scanner* para encontrar esses dados, como mostra a Figura 51.



Figura 49 – Valores de temperatura que são enviados a central na escala de graus Celsius



The image shows the Arduino IDE interface for a sketch named 'MQTT\_TEMP\_SENSOR'. The code in the editor is as follows:

```

//start the temperature sensors
sensors.begin();

//wait a bit before starting the main loop
delay(2000);
}

void loop() {

// Send the command to update temperatures
sensors.requestTemperatures();

//get the new temperature
float currentTempFloat = sensors.getTempCByIndex(0);

//convert the temp float to a string and publish to
char temperature[10];
dtostrf(currentTempFloat,4,1,temperature);
client.publish(tempTopic, temperature);
Serial.println(temperature);
}

```

The serial monitor on the right, connected to COM3, displays the following temperature values:

```

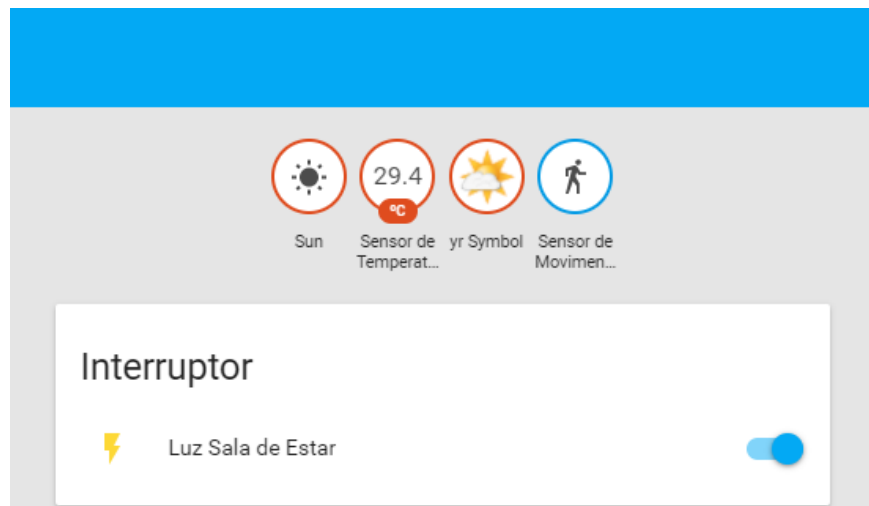
29.5
29.4
29.4
29.5
29.5
29.4
29.4
29.4
29.4
29.4
29.4
29.4
29.4
29.4
29.4

```

At the bottom of the serial monitor, the options 'Auto-rolagem' (checked) and 'Show timestamp' (unchecked) are visible.

Fonte: Autor

Figura 50 – Valores do sensor de temperatura na interface do Home Assistant

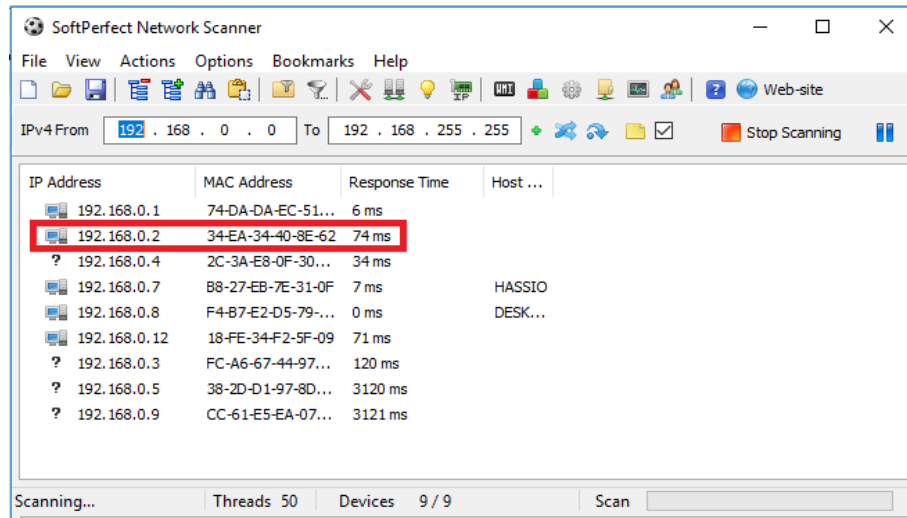


Fonte: Autor

Essas informações foram colocadas no arquivo de configuração da central de automação através do *add-on Configurator*, destacando o trecho do código que é apresentado na Figura 52.

Após a integração do dispositivo foram gravados os códigos infravermelho dos aparelhos que foram escolhidos para serem controlados. O Broadlink recebe o código enviado pelo controle, o qual aparece na interface do Home Assistant convertido para o formato *Base64*

Figura 51 – Endereços de IP e MAC encontrados através do aplicativo *Network Scanner*

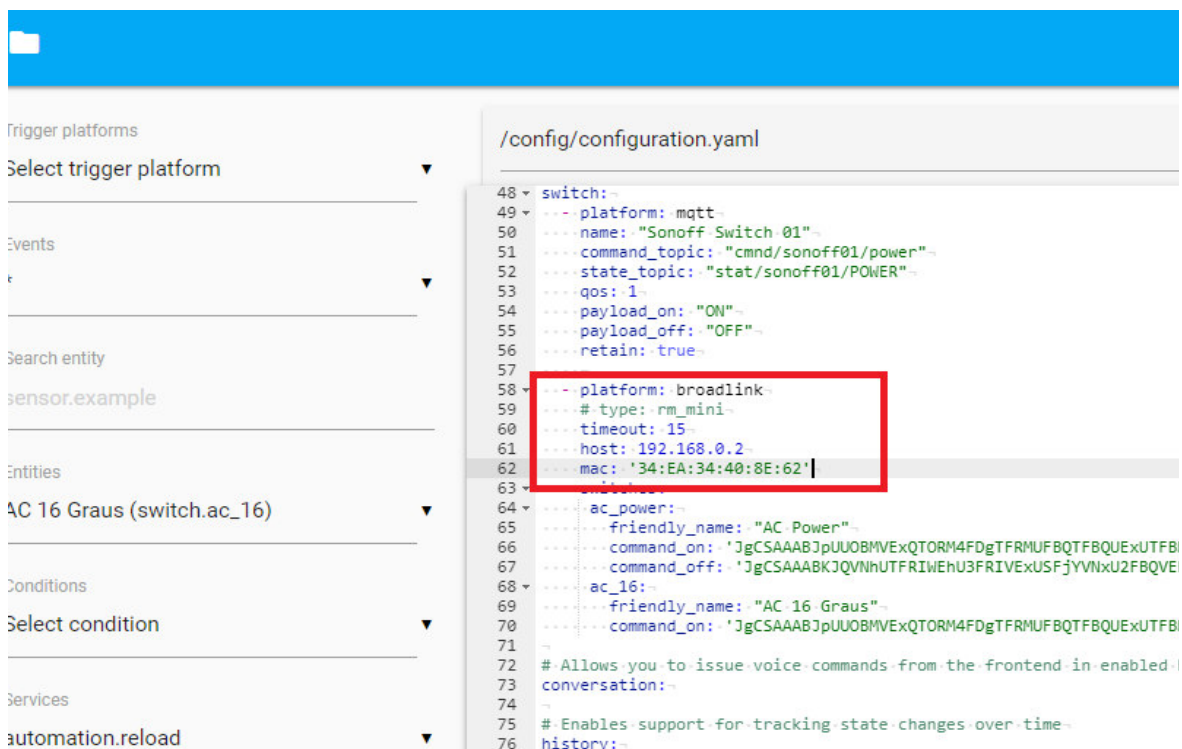


IP Address	MAC Address	Response Time	Host ...
192.168.0.1	74-DA-DA-EC-51...	6 ms	
192.168.0.2	34-EA-34-40-8E-62	74 ms	
192.168.0.4	2C-3A-E8-0F-30...	34 ms	
192.168.0.7	B8-27-EB-7E-31-0F	7 ms	HASSIO
192.168.0.8	F4-B7-E2-D5-79-...	0 ms	DESK...
192.168.0.12	18-FE-34-F2-5F-09	71 ms	
192.168.0.3	FC-A6-67-44-97...	120 ms	
192.168.0.5	38-2D-D1-97-8D...	3120 ms	
192.168.0.9	CC-61-E5-EA-07...	3121 ms	

Fonte: Autor

(usado para transmitir dados binários em formato de texto<sup>31</sup>) e é inserido na linha de código do arquivo de configuração para a criação do controle na interface do Home Assistant, conforme mostra a Figura 53.

Figura 52 – Trecho do código para integração do Broadlink Rm Mini 3 ao sistema



```

48 switch:~
49   -- platform: mqtt~
50   -- name: "Sonoff-Switch-01"~
51   -- command_topic: "cmdnd/sonoff01/power"~
52   -- state_topic: "stat/sonoff01/POWER"~
53   -- qos: 1~
54   -- payload_on: "ON"~
55   -- payload_off: "OFF"~
56   -- retain: true~
57
58   -- platform: broadlink~
59   -- # type: rm_mini~
60   -- timeout: 15~
61   -- host: 192.168.0.2~
62   -- mac: '34:EA:34:40:8E:62'~
63
64   -- ac_power:~
65     -- friendly_name: "AC Power"~
66     -- command_on: 'JgCSAAABJpUUBMVExQTORM4FDgTFRMUFBQTFBQUExUTFB|
67     -- command_off: 'JgCSAAABKJQVnHUTFRiWEhU3FRiVExUSFjYVnXU2FBQVE|
68   -- ac_16:~
69     -- friendly_name: "AC 16 Graus"~
70     -- command_on: 'JgCSAAABJpUUBMVExQTORM4FDgTFRMUFBQTFBQUExUTFB|
71
72   # Allows you to issue voice commands from the frontend in-enabled |
73   conversation:~
74
75   # Enables support for tracking state changes over time~
76   history:~

```

Fonte: Autor

<sup>31</sup> Site: <https://receitasdecodigo.com.br/web/o-que-e-base-64-e-para-que-serve>

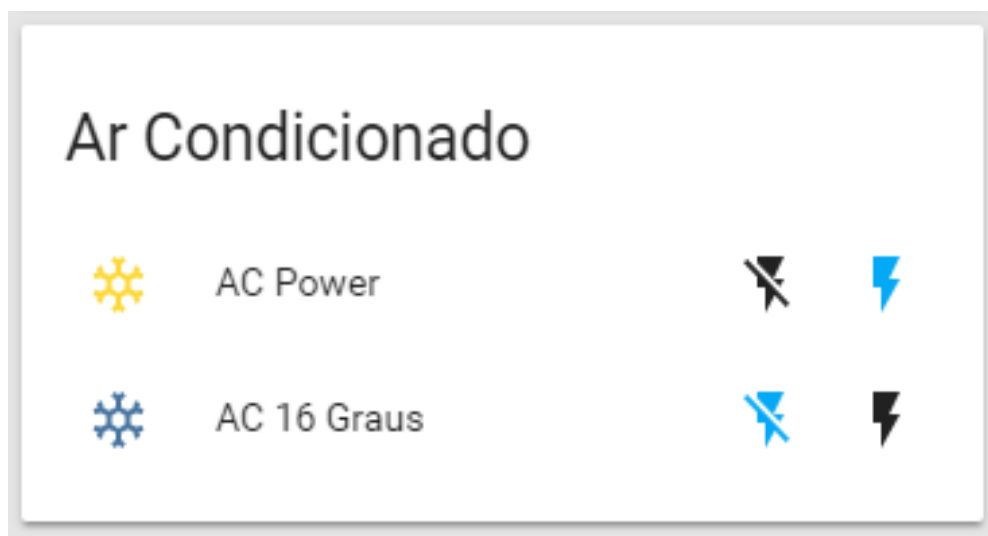
Figura 53 – Código do controle recebido pelo Home Assistant e inserido no arquivo de configuração



Fonte: Autor

Como pode-se observar na Figura 54, foi implementado o controle de ar-condicionado no sistema de automação e seus comandos estão disponíveis na interface do Home Assistant. O símbolo do raio “cortado” significa o desligamento do dispositivo e o símbolo do raio sem “corte” significa o acionamento. Quando o controle está acionado o símbolo que representa o ar-condicionado muda para a cor amarelo.

Figura 54 – Controle do ar-condicionado disponível na interface do Home Assistant



Fonte: Autor

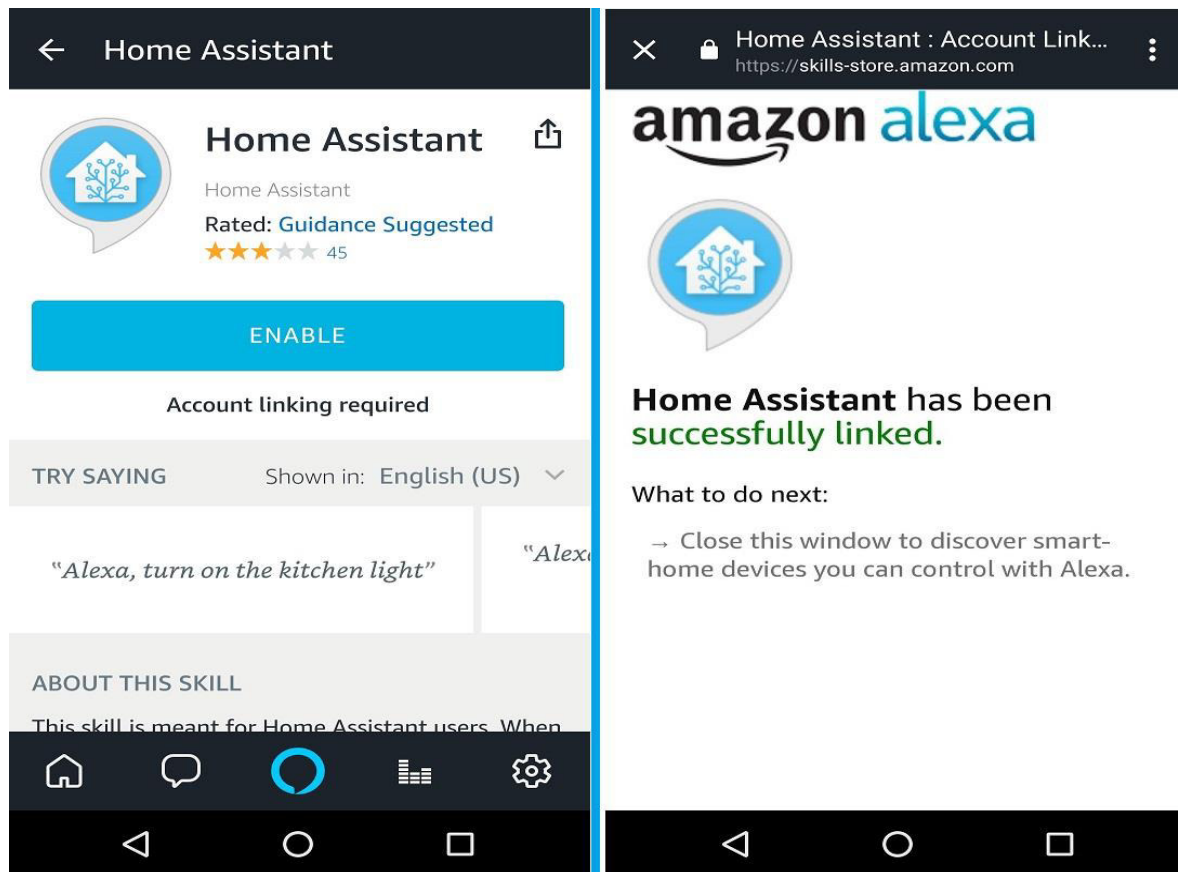
#### 4.7 Integração do Amazon Echo Dot

A integração com o Amazon Echo Dot permite o envio de comandos de voz ao sistema Hass.io, controlando o acionamento de uma lâmpada ou de um ar-condicionado, por exemplo.

O processo para integração é simples. Com o Amazon Echo Dot conectado à rede Wi-Fi foi necessário apenas operar o aplicativo Amazon Alexa presente no *smatphone* e habilitar a *skill* do Home Assistant disponível, utilizando o e-mail e senha cadastrados no Home Assistant Cloud, como mostra a Figura 55.

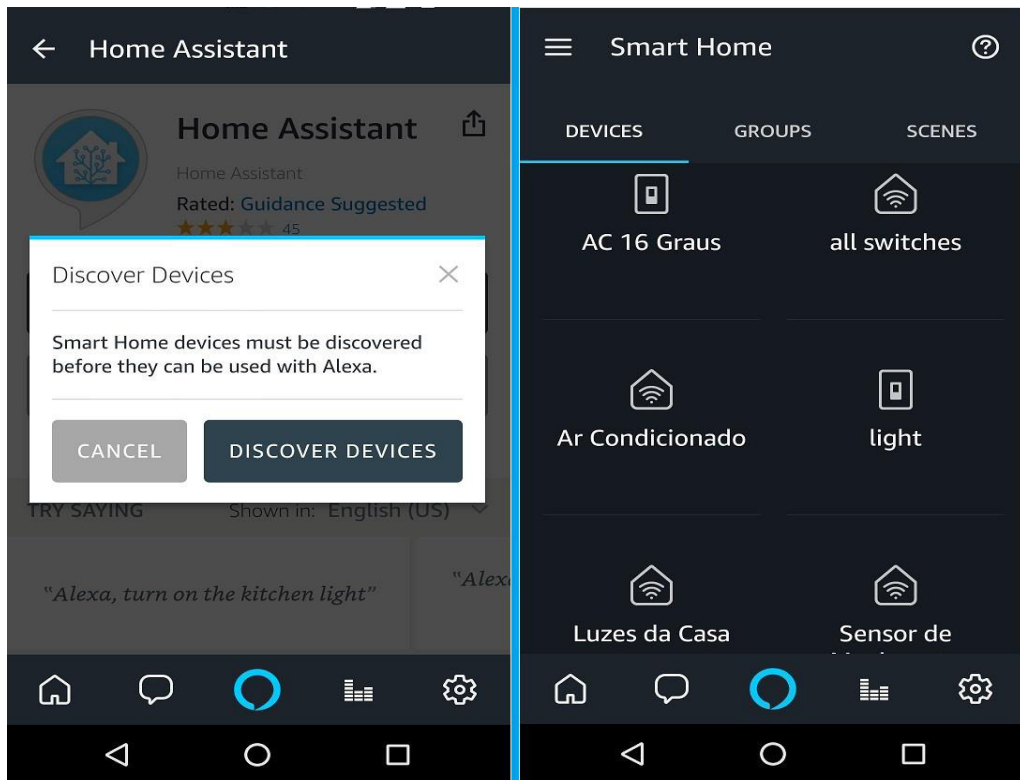
Com a *skill* do Home Assistant habilitada, foi preciso apenas “descobrir os dispositivos” no aplicativo Amazon Alexa para se ter o acesso aos recursos do sistema de automação residencial, conforme aparece na Figura 56. A partir desse ponto, é possível controlar os dispositivos conectados a central por comandos de voz.

Figura 55 – Habilitando a *skill* Home Assistant no aplicativo Amazon Alexa



Fonte: Autor

Figura 56 – Descobrimto dos dispositivos do sistema pelo aplicativo Amazon Alexa



Fonte: Autor

## 5 EXPERIMENTOS E RESULTADOS

Diversos experimentos foram feitos a fim de testar a eficiência do sistema de automação implementado. Testes foram realizados através de *notebook*, *smartphone*, e *tablet*, pela *interface* do Home Assistant, como ilustrado na Figura 57 para dois desses equipamentos. Foram observados as atualizações nos valores dos sensores e acionamentos feitos pelos atuadores.

Este capítulo apresenta os resultados baseados nos testes realizados no sistema que foi instalado no ambiente residencial do próprio aluno. Os testes efetuados sempre comprovaram a eficiência do sistema de automação na realização da ação comandada. Foram feitos dez testes para cada elemento controlado ou sensoriado com o objetivo de validar a robustez do sistema. Evidentemente, a conexão Wi-Fi era de boa qualidade e cooperou com os resultados obtidos.

### 5.1 Acionamento dos atuadores

A *interface* do Home Assistant possibilita a visualização dos eventos realizados pelo usuário de acordo com a data e a hora do sistema. Qualquer ação realizada pelo usuário como ligar uma lâmpada, por exemplo, aparece nessa tela. Esses dados são gravados na central de automação e podem servir para monitorar o uso do sistema de automação na residência.

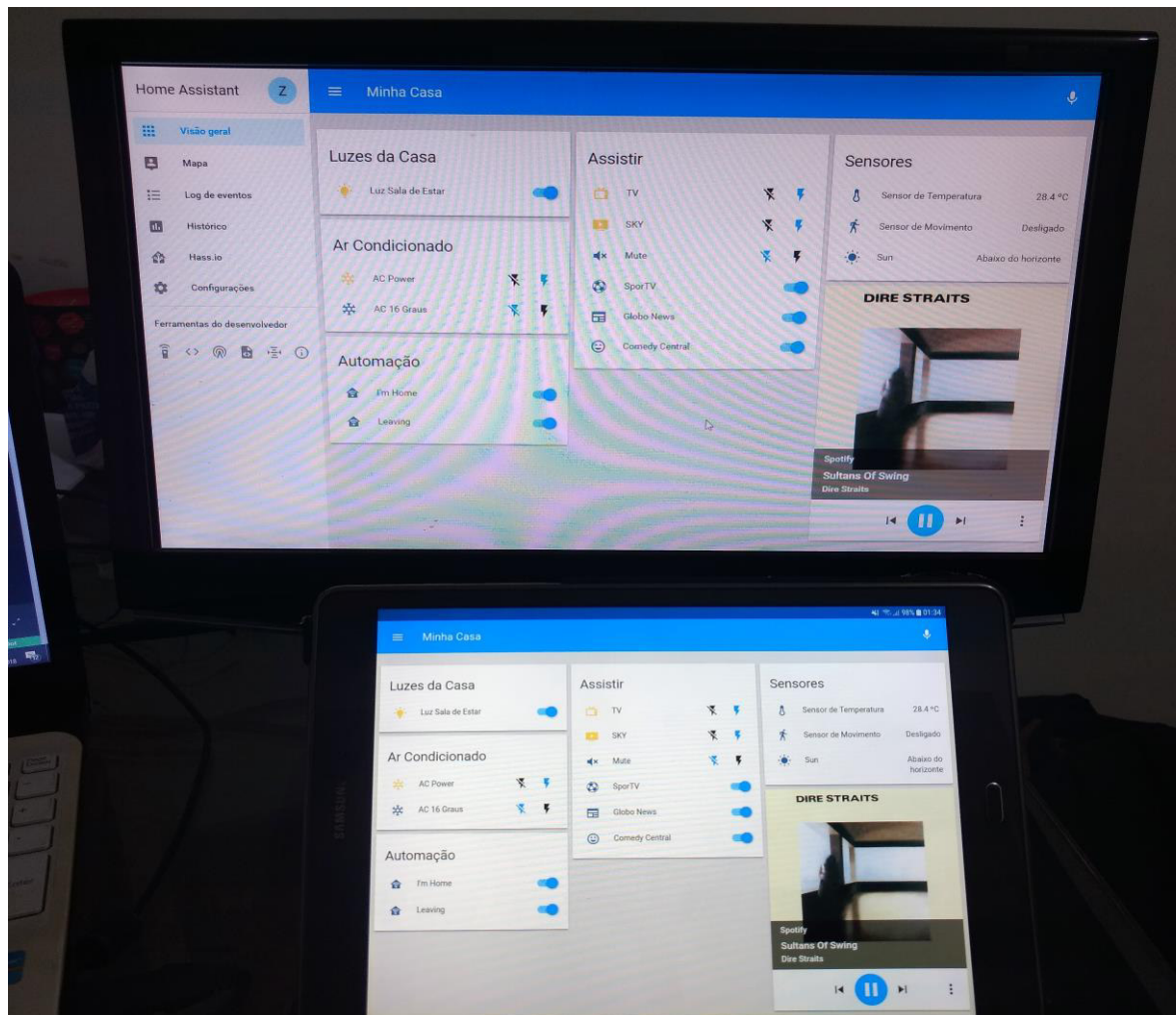
#### 5.1.1 Sonoff

A Figura 58 mostra os eventos de acionamentos de teste que foram feitos para o atuador Sonoff que está controlando a luz da sala de estar. A lâmpada foi ligada e desligada diversas vezes e todos os acionamentos apareceram nesta seção *log* parcial (nem todos os testes estão apresentados) de eventos do Home Assistant, comprovando a eficácia do sistema.

#### 5.1.2 Broadlink Rm Mini 3

Também foram testados os acionamentos feitos pelo atuador Broadlink Rm Mini 3 através da emissão de sinais infravermelho ao ar-condicionado, a TV e ao receptor da TV a cabo, conforme mostra a Figura 59. O *log* apresenta apenas uma parte dos experimentos realizados como nos demais testes em que são apresentados nas figuras.

Figura 57 – Tablet e notebook com a interface Home Assistant



Fonte: Autor

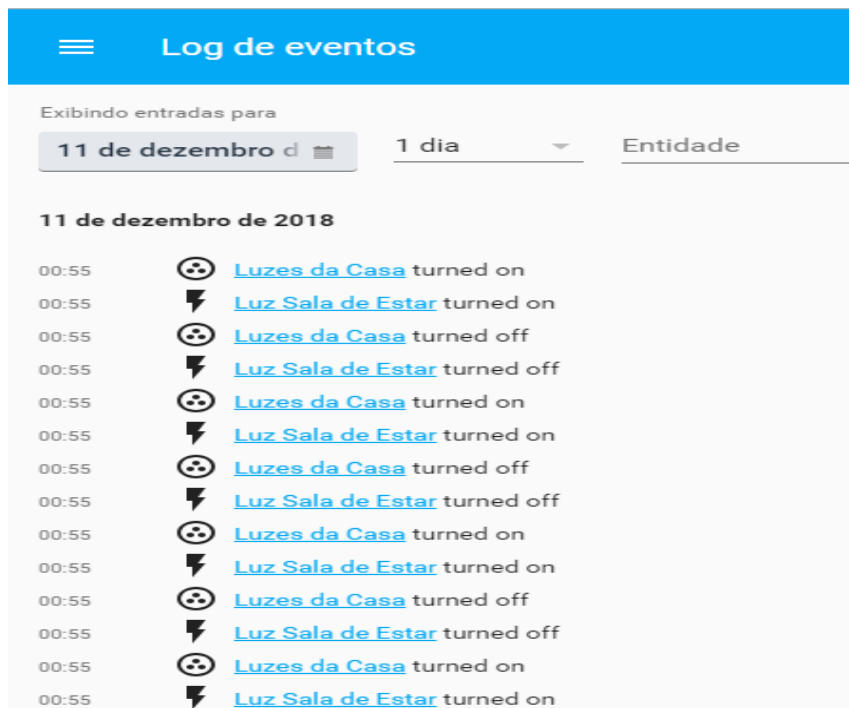
## 5.2 Informações dos sensores

Na tela inicial do Home Assistant pode-se visualizar valores e estados dos sensores que estão integrados ao sistema de automação. Para realizar os testes da comunicação desses sensores com a central de automação foi necessário alterar o estado dos sensores, interferindo no ambiente de maneira que seus valores iniciais fossem modificados.

### 5.2.1 Sensor de temperatura

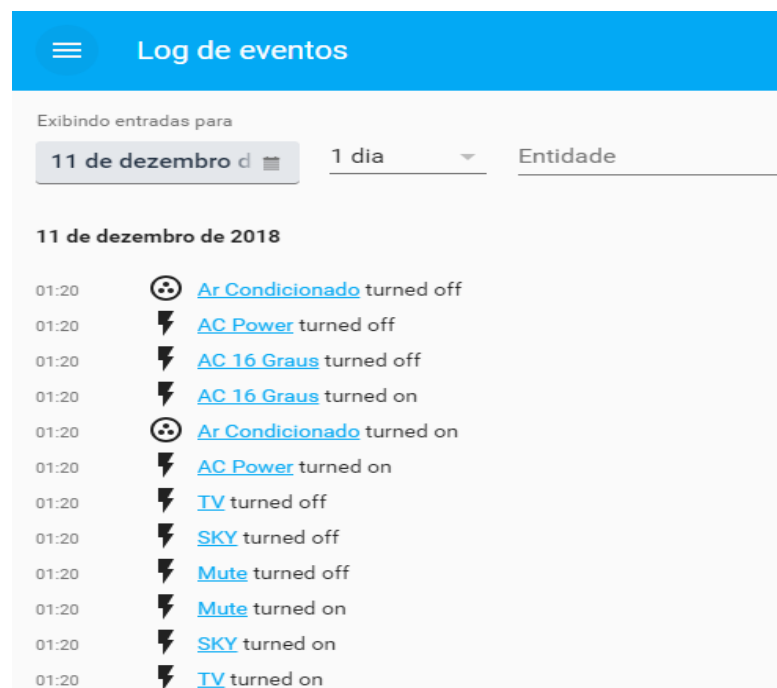
A Figura 60 mostra o valor inicial da temperatura do ambiente em graus Celsius que o sensor informava para a central de automação, antes do experimento.

Figura 58 – Registro dos acionamentos feitos pelo atuador Sonoff para o controle da lâmpada da sala de estar



Fonte: Autor

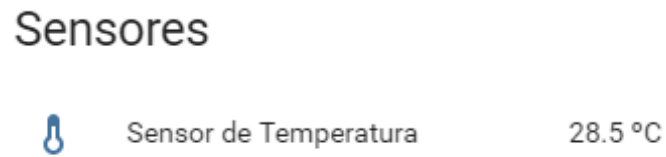
Figura 59 – Registro dos acionamentos feitos pelo atuador Broadlink Rm Mini 3 para o controle de equipamentos através de comandos infravermelho



Fonte: Autor



Figura 60 – Valor inicial do sensor de temperatura



Fonte: Autor

Para alterar a temperatura adquirida e realizar o teste, foi utilizado um isqueiro próximo ao sensor fazendo com que a temperatura aumentasse o seu valor. Foi observada, na *interface* do Home Assistant, a alteração esperada no valor do sensor de temperatura, como mostra a Figura 61.

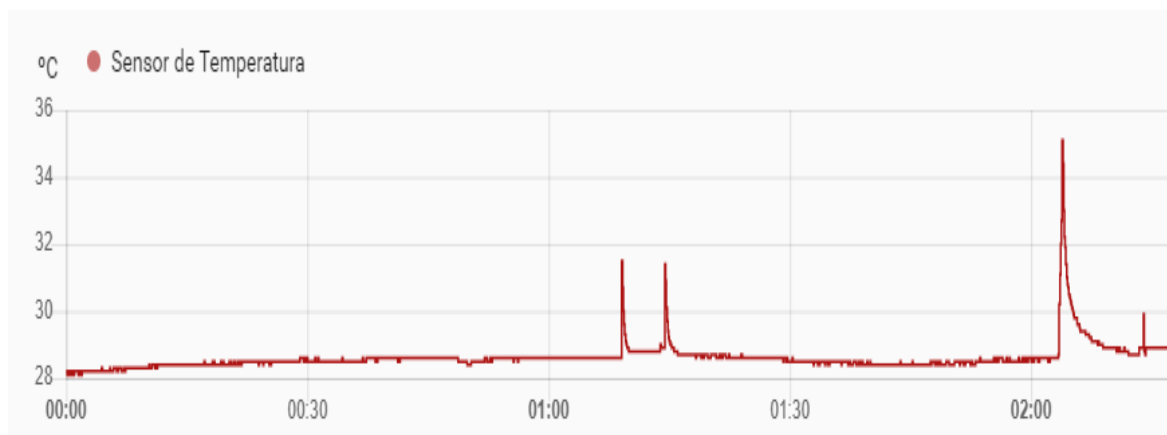
Figura 61 – Novo valor do sensor de temperatura



Fonte: Autor

Também através da *interface* foi possível observar o gráfico que mostra as alterações nos valores dos sensores e a hora em que ocorreram, como mostrado na Figura 5.6. Nem todos os testes realizados para variar significativamente a temperatura estão apresentados.

Figura 62 – Gráfico demonstrando a alteração no valor do sensor de temperatura e o horário.



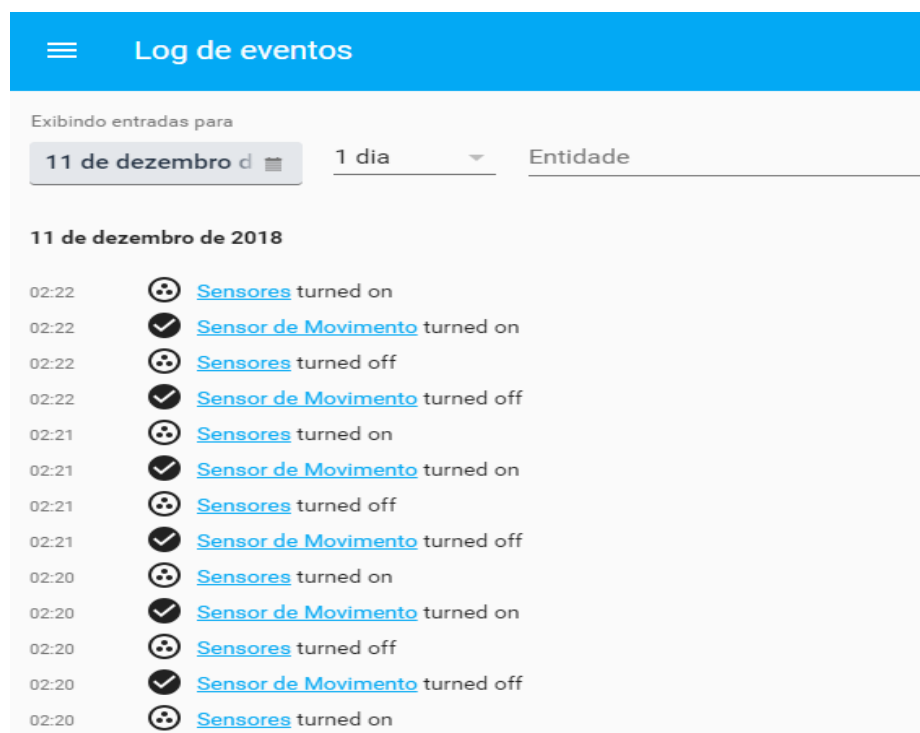
Fonte: Autor

### 5.2.2 Sensor de movimento

Para o teste do funcionamento do sensor de movimento, novamente foi utilizada a seção *log* de eventos presente na *interface* do Home Assistant.

Foi usada o movimento da mão para acionar o sensor diversas vezes e testar sua comunicação com a central de automação. Pode-se observar na Figura 63, as mudanças no estado do sensor.

Figura 63 – Registro das mudanças de estado do sensor de movimento na *interface* do Home Assistant



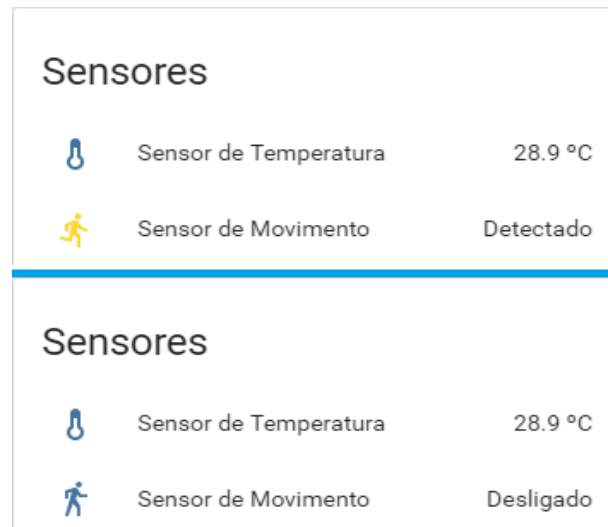
Fonte: Autor

O sensor capta o movimento e envia a central de automação. Se não há movimento em um intervalo de 3 a 5 segundos, o sensor envia a informação para a central e o Home Assistant informa que não há movimento. Na Figura 64 pode-se observar a informação na *interface* quando o sensor detecta o movimento (ligado) e quando não detecta (desligado).

### 5.5 Histórico de atividade

A central de automação informa também à *interface* do Home Assistant o histórico de atividades do sistema de acordo com a data e o horário, como mostra a Figura 65.

Figura 64 – Mudança de estado do sensor de movimento entre ligado (detectado) e desligado



Fonte: Autor

Figura 65 – Histórico de atividades presente na interface do Home Assistant



Fonte: Autor

Através desse histórico é possível ter a informação de qualquer acionamento realizado pelo usuário e também informações sobre sensores, se caracterizando como mais uma ferramenta para a gestão do sistema de automação residencial.

## 5.6 Custo do sistema implementado

Os valores dos dispositivos utilizados para a implementação do sistema de automação residencial em rede Wi-Fi implementado neste trabalho comprovam o baixo custo da solução quando comparado a sistemas que são vendidos atualmente no mercado, sendo mostrados na Figura 66.

Figura 66 – Valores dos componentes do sistema de automação residencial em rede Wi-Fi

Valores dos componentes do sistema de automação residencial em rede Wi-Fi implementado	
Item	Valor
Placa Raspberry Pi 3 Modelo B	R\$ 279,90
Case Raspberry Pi 3	R\$ 42,90
ESP8266	R\$ 26,90
Amazon Echo Dot 2	R\$ 249,00
Broadlink Rm Mini 3	R\$ 87,37
Sonoff Basic	R\$ 37,00
Sensor de Movimento PIR HC - SR501	R\$ 14,00
Sensor de Temperatura DS18B20+	R\$ 11,50
<b>Valor Total</b>	<b>R\$ 748,57</b>

Fonte: Autor

Para a realização das mesmas funções que foram implementadas neste trabalho com um sistema de automação residencial que é vendido nos dias atuais no mercado brasileiro, o valor do sistema, de acordo com pesquisas realizadas, seria de aproximadamente entre R\$ 3.000,00 e R\$ 5.000,00, a depender dos equipamentos utilizados no projeto da automação.

## 6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho de monografia abordou uma solução tecnológica de um sistema de automação residencial de baixo custo, constituído por dispositivos que se comunicam através da rede Wi-Fi e que foi implementado em um ambiente residencial real.

O sistema foi montado baseado na arquitetura centralizada, que possui a central de automação, no caso a placa Raspberry Pi 3B, como componente principal junto ao sistema operacional Hass.io. A plataforma e *interface* Home Assistant oferece ao usuário deste sistema implementado o total controle e gestão dos recursos disponíveis, de maneira prática e eficiente.

Foram instalados atuadores e sensores para controle e sensoriamento dos principais recursos disponíveis em uma residência da cidade de São Luis, os quais funcionaram de maneira a comprovar a ótima capacidade que um sistema em rede Wi-Fi pode oferecer. Nos testes de repetibilidade de todos os componentes gerenciados pela central, os resultados foram todos satisfatórios, tendo os elementos acessados respondido conforme o esperado, comprovando a robustez do sistema de automação implementado.

Circuitos eletrônicos foram montados para a implantação dos sensores de movimento e temperatura. Foi utilizado neste trabalho as linguagens de programação C/C++ e Python para a programação da central de automação e das placas ESP8266.

A tendência desse mercado impulsiona cada vez mais o desenvolvimento de soluções eficientes e baratas e, em um futuro próximo, é possível imaginar que grande parte das residenciais terão algum tipo de sistema de automação.

Como trabalhos futuros que podem ser conduzidos de forma imediata, a partir do atual estágio implementado neste trabalho, pode-se sugerir:

- a) A ampliação do sistema através da inserção de novos sensores e atuadores para controle e sensoriamento de diferentes recursos de uma residência;
- b) O aprimoramento da *interface* do Home Assistant, alterando o *layout* de forma que possa apresentar ao usuário distintas informações de diferentes maneiras;
- c) A substituição da placa Raspberry Pi 3B pela placa Raspberry Pi Zero, que possui menor custo e tamanho e, a princípio, teria o poder computacional requerido para a aplicação; e

- d) A integração de câmeras IP ao sistema de automação, possibilitando a capacidade de visualização e da gravação de eventos, podendo os mesmos serem inclusive utilizados para a ação pré-programada no sistema de automação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUTOMATICHOUSE. automatic house, 06 out. 2016. Disponível em: <<https://www.automatichouse.com.br/imprensa/mercado-de-automacao-residencial/20161003-095242-c417>>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- MURATORI, J. R.; DAL BÓ, P. H. **Automação Residencial Conceitos e Aplicações**. 2ª. ed. Belo Horizonte: Educere, 2014.
- AURESIDE. **Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial**, 2018. Disponível em: <[www.aureside.org.br/](http://www.aureside.org.br/)>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- DA SILVA, D. S. **Desenvolvimento e Implementação de um Sistema de Supervisão e Controle Residencial**. Natal - RN: [s.n.], 2009.
- KOLBAN, N. **Kolban's Book on ESP8266**. Texas, USA: [s.n.], 2016.
- ACCARDI, A.; DODONOV, E. **Automação Residencial: Elementos Básicos, Arquiteturas, Setores, Aplicações e Protocolos**. São Carlos: [s.n.], 2012.
- BORGES, L. E. **Python para Desenvolvedores**. 1. ed. São Paulo: Novatec, 2014.
- RIBEIRO, D. V. **ROSELI: Robô Seguidor de Linha para Mapeamento de Ambientes Internos**. São Luis: [s.n.], 2017.
- HOME Assistant, 2018. Disponível em: <<https://www.home-assistant.io/>>. Acesso em: 15 nov. 2018.