

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA PORTO ALEGRE  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

**GUILHERME MACIEL GUEDES**

**CASA 4.0: ESTUDO DE FUNCIONALIDADES QUE UMA AUTOMAÇÃO  
RESIDENCIAL INTERATIVA PROPORCIONA**

**PORTO ALEGRE  
2021**

**GUILHERME MACIEL GUEDES**

**CASA 4.0: ESTUDO DE FUNCIONALIDADES QUE UMA AUTOMAÇÃO  
RESIDENCIAL INTERATIVA PROPORCIONA**

Monografia a apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. João Alvarez Peixoto.

**PORTO ALEGRE**

**2021**

**GUILHERME MACIEL GUEDES**

**CASA 4.0: ESTUDO DE FUNCIONALIDADES QUE UMA AUTOMAÇÃO  
RESIDENCIAL INTERATIVA PROPORCIONA**

Monografia a apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. João Alvarez Peixoto.

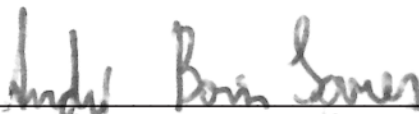
Aprovado em: 10 / 12 / 2021

**BANCA EXAMINADORA**



---

Orientador: Prof. Dr. João Alvarez Peixoto  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS



---

Prof. Dr. André Borin Soares  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS



---

Prof. Me. Marcos Kan Moori  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

**PORTO ALEGRE**

**2021**

Dedico este trabalho a todos aqueles que de alguma forma me ajudaram durante toda a minha formação educacional.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à minha família, por ter me incentivado a estudar. Agradeço à minha mãe, que me educou e ensinou a ter caráter e persistência. Mesmo em seu segundo diagnóstico de câncer sempre me incentivou a não perder o foco. Agradeço ao meu pai, que apesar das dificuldades, proveu o sustento e a melhor estrutura possível para meus estudos e de meu irmão. Agradeço ao meu irmão, que diversas vezes afirmou que me tinha de exemplo, o que fez com que eu não desistisse dos meus projetos, pois sabia que tinha alguém me assistindo e inspirando-se em meus atos.

Agradeço à minha esposa, por assumir inúmeras responsabilidades para que eu pudesse estudar e por insistir que eu levasse a documentação até a UERGS. Sem ela eu não teria iniciado a graduação. Agradeço por me mostrar a valorização da educação superior, que antes eu não conseguia enxergar, por diversas vezes me incentivar a não parar com os estudos, mesmo com inúmeros problemas pessoais. E, principalmente, por conseguir me ensinar a ter interesse por livros e estudos. Obrigado do fundo do meu coração.

Agradeço aos meus colegas de aula, que inúmeras vezes tiveram a paciência e a empatia de me mostrar de maneira simplificada como entender as disciplinas, por criarem um ambiente de amizade e companheirismo, sempre ajudando todos a alcançarem os objetivos juntos. Pelo cafezinho antes da aula, que ajudava a ficar alerta após um dia de trabalho. Enfim, agradeço pelo laço de amizade criado, que tornou-se um diferencial para a conclusão dos meus estudos.

Aos professores, meu muito obrigado por tudo. Apesar das inúmeras intercorrências nos processos da faculdade, sempre conseguiram propagar conhecimento.

Ao meu professor orientador Dr. João Alvarez Peixoto, agradeço por toda ajuda fornecida durante a graduação e no trabalho de conclusão de curso, por instigar em nós alunos a vontade de estudar, demonstrando diariamente a determinação necessária para superar os desafios acadêmicos.

## RESUMO

O conforto resultante do avanço da tecnologia tem apresentado diversas opções de melhoria na qualidade de vida da população, mais precisamente na área da automação residencial. Mesmo com este avanço, pouco tem se falado a respeito da implementação destas tecnologias em residências que já existem há mais tempo, de forma que os projetos de hoje visam moradias em processo de construção, porém ainda com custo elevado ao cliente final, criando uma barreira no que diz respeito a quem já tem um imóvel pronto e gostaria de implementar um sistema de automação residencial. Este projeto tem como objetivo estudar a implementação de um sistema de automação residencial, que pode ser instalado em residência existente. Com a aquisição de componentes confiáveis e de baixo custo, é possível desenvolver um protótipo funcional deste sistema, contendo atuadores e sensores, conectados a um microcontrolador. Para este trabalho foi escolhido o microcontrolador ESP8266 NodeMCU, que transmite dados através de redes sem fio e compatíveis com *wi-fi*. Através da utilização do protocolo de comunicação MQTT, foi possível conectar-se através de um *broker* a um servidor em nuvem, onde foi utilizado a plataforma AdafruitIO. É possível o acesso sempre que solicitado, sendo realizado através do celular, computador ou *tablet*, onde através de uma tela gráfica o usuário poderá observar os dados dos sensores utilizados e interagir com os atuadores instalados no sistema, podendo controlar luzes e eletrodomésticos. Ao final são apresentadas as diferenças obtidas entre os processos que ocorrem sem e com a implementação, bem como suas características.

**Palavras-chaves:** Domótica. Casa 4.0. AdafruitIO.

## **ABSTRACT**

The comfort resulting from the advancement of technology has presented several options for improving the population's quality of life, more precisely in the area of home automation. Even with this advance, little has been said about the implementation of these technologies in homes that have been around for a long time, so that today's projects are aimed at housing in the process of construction, but still at a high cost to the final customer, thus creating, a barrier for those who already have a property ready and would like to implement a home automation system. This project aims to study a case through the implementation of a home automation system that can be installed in any existing residence, being possible to verify the results after implementation. With the acquisition of reliable and low-cost components, it was possible to develop a functional prototype of this system, containing actuators and sensors, connected to a microcontroller. For this work, the ESP8266 NodeMCU microcontroller was chosen, which transmits data through wireless and Wi-Fi compatible networks. Through the use of the MQTT communication protocol, it was possible to connect through a broker to a cloud server, where the AdafruitIO platform was used. Access is possible whenever requested, via cell phone, computer or tablet, where through a graphic screen the user can observe the data from the sensors used and interact with the actuators installed in the system, being able to control lights and appliances. At the end, the differences obtained between the processes that occur without and with the implementation are presented, as well as their characteristics.

**Keywords:** Home Automation. House 4.0. AdafruitIO.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Camadas tecnológicas do protótipo funcional proposto .....	16
Figura 2 – Exemplo de representação da domótica. ....	18
Figura 3 – Exemplo de kits com sensores a venda no mercado atual .....	19
Figura 4 – Vista Frontal do sensor AHT 10. ....	20
Figura 5 Sensor HL-69 e modulo HL-01.....	21
Figura 6 – Sensor de fumaça MQ-2. ....	22
Figura 7 - Exemplos de atuador na domótica.....	23
Figura 8 – Modulo relé com 4 canais. ....	24
Figura 9 – Estrutura da internet das coisas.....	25
Figura 10 – Placa de desenvolvimento ESP8266 NodeMCU.....	26
Figura 11 – Layout dos pinos do módulo ESP8266 NodeMCU.....	27
Figura 12 – Estrutura de comunicação no protocolo MQTT.....	28
Figura 13 – Leiaute do programa App Inventor .....	29
Figura 14 – Arquitetura do sistema de comunicação .....	30
Figura 15 – Sistema elétrico e maquete propostos .....	30
Figura 16 – Diagramas de casos de uso .....	31
Figura 17 – Arquitetura do sistema. ....	32
Figura 18 – Sistema físico do irrigador doméstico.....	33
Figura 19 – Dados recebidos pelo cliente MQTT no smartphone. ....	34
Figura 20 – Camadas que compõe o método aplicado no projeto .....	37
Figura 21 – Topologia de rede utilizada para conexão à rede de internet.....	38
Figura 22 – Visualização de um exemplo de dashboard pelo celular.....	39
Figura 23 – Impressão do segundo andar da maquete funcional da residência. ....	40
Figura 24 – Modelo inicial do sistema físico utilizado para os testes .....	41
Figura 25 – Código referente a conexão à internet e a plataforma <i>online</i> .....	42
Figura 26 – Diagrama elétrico do controlador ESP8266 NodeMCU para acionamento das luzes e da cafeteira e sensoriamento de umidade e temperatura do pátio. ....	43
Figura 27 – Diagrama elétrico do controlador ESP8266 NodeMCU contendo o sensor de fumaça, sensor de temperatura e umidade da casa e do solo. ....	43
Figura 28 – Painel de visualização de dados da automação residencial .....	44
Figura 29 – Protótipo funcional concluído .....	44



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificações técnicas do sensor AHT10.....	20
Tabela 2 – Especificações técnicas do sensor HL-69 .....	22

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Comparativo das funcionalidades antes e depois da implementação ....45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
UERGS	Universidade Estadual do Rio Grande do Sul
ZB	Zetta bytes.
MQTT	Transporte de telemetria de fila de mensagens ( <i>Message Queuing Telemetry Transport</i> )
MCU	<i>Microcontroller Unit</i>
IoT	Internet das coisas ( <i>Internet of Things</i> )
OMS	Organização Internacional da Saúde
ASIC	Circuito integrado de aplicação específica ( <i>Application-specific integrated circuit</i> )
MEMS	Sistemas microeletromecânicos ( <i>Micro-Electro-Mechanical Systems</i> )
VCC	Tensão elétrica em corrente contínua
GND	Tensão elétrica de referência
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
Wifi	Tecnologia de rede sem fio ( <i>Wireless Fidelity</i> )
USB	Porta serial universal ( <i>Universal Serial Bus</i> )
TCP-IP	Protocolo de Controle de Transmissão ( <i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i> )
LAN	Rede de acesso local ( <i>Local Area Network</i> )
WAN	Rede de longa distância ( <i>Wide Area Network</i> )
PLA	Ácido Poliláctico

## LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES DE MEDIDA

$\Omega$	Unidade de medida de resistência elétrica
$\beta$	Coeficiente angular
$^{\circ}\text{C}$	Escala de graus Celsius
V	Unidade de medida de tensão elétrica
$\mu$	Prefixo do Sistema Internacional de Unidades denotando um fator de $10^{-6}$
mm	Unidade de comprimento equivalente a um milésimo de metro
g	Unidade da grandeza física massa
ppm	Unidade que indica partes por milhão

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 PROBLEMÁTICA.....	13
1.2 HIPÓTESE .....	14
1.3 OBJETIVOS .....	15
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
2.1 REFERENCIAIS TECNOLÓGICOS.....	17
2.1.1 Domótica.....	17
2.1.2 Sensoriamento em domótica .....	19
2.1.2.1 Sensor de temperatura e umidade AHT10 .....	20
2.1.2.2 Sensor de Umidade de Solo.....	21
2.1.2.3 Sensor de fumaça MQ-2 .....	22
2.1.3 Atuadores em domótica .....	23
2.1.4 Internet das Coisas (IoT) .....	24
2.1.5 Módulo ESP8266 NodeMCU .....	26
2.1.6 Protocolo MQTT .....	27
2.2 REFERENCIAIS DE PESQUISA .....	28
2.2.1 Desenvolvimento de um sistema de automação residencial baseado em domótica.....	28
2.2.2 Sistema de irrigação doméstico baseado em Internet das Coisas.....	31
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>35</b>
3.1 TIPO DE PESQUISA .....	35
3.2 UNIVERSO DE ABRANGÊNCIA DA PESQUISA .....	35
3.3 MÉTODO APLICADO .....	36
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>40</b>
<b>5 ANÁLISE</b> .....	<b>45</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o grande avanço da internet e conseqüentemente a inclusão digital, hábitos do cotidiano da população estão cada vez mais voltadas para as áreas da tecnologia, criando necessidades específicas ao conforto, sustentabilidade e gerenciamento de recursos para o setor habitacional. O que mostra que a domótica se faz cada vez mais necessária no dia a dia da sociedade, como por exemplo os edifícios inteligentes, conceitos anteriormente teóricos, que agora fazem parte do diferencial na hora de escolher a compra de um imóvel (DOMINGUES; PINA FILHO, 2019).

Domótica é a junção de tecnologias existentes aplicadas a gestão de recursos residenciais. A palavra domótica vem do francês *domotique*, que surgiu na década de 1980 na França, onde as primeiras experiências neste âmbito foram realizadas. O termo deriva das palavras Domus (casa), em latim, e *Robota* (controle automatizado de algo), da língua tcheca (BARROS, 2010).

Dentre os principais fatores que definem a automação residencial, estão a integração de diversos sistemas em conjunto com a capacidade de executar funções, destacando ainda as seguintes: iluminação, alarmes, sistemas multimídias e de comunicações. Nos dias de hoje a implementação é direcionada para a questão de sustentabilidade, em função dos recursos naturais estarem mais escassos. O Brasil demonstra uma rápida absorção das novas tecnologias na vida diária dos usuários (MURATORI; BÓ, 2011).

Este trabalho tem como objetivo demonstrar de forma prática soluções na área da domótica, tendo em consideração o baixo custo de implementação e a customização de funções, de forma que o usuário possa definir suas características e agregar futuras modificações de acordo com a sua necessidade.

### 1.1 PROBLEMÁTICA

Com a crescente demanda por automação residencial, as empresas têm apresentado sistemas com diversas funcionalidades, as chamadas soluções completas para as necessidades dos clientes. Com o custo elevado, a recepção pelos

consumidores se torna baixa (JOSÉ; GIACOMELLI; LUIS; FONTES, 2012). Eventualmente, o cliente final não tem interesse em possuir todas essas funções implementadas, mas sim aplicações relacionadas às suas necessidades principais e, ainda, de acordo com a sua realidade financeira.

Segundo Silva e Oliveira (2019) a área mais desenvolvida neste segmento é o da automação predial, mas que acaba por tornar uma parte dos equipamentos inacessíveis aos lares brasileiros.

Como descrito por José, Giacomelli, Luis e Fontes (2012), apesar de ser uma ferramenta muito importante para a economia residencial, o alto custo e a falta de mão de obra especializada dificultam a popularização da domótica. Conforme a evolução tecnológica e o controle de vários equipamentos, refletem na melhoria do desperdício no uso dos recursos residenciais. Há estudos que mostram que a automação pode reduzir em até 40% o consumo elétrico residencial.

Diante deste cenário, de acordo com Santos e Lara Junior (2019), a evolução da indústria eletrônica, bem como a redução de custos de algumas tecnologias, está tornando a automação residencial mais acessível. Atualmente se pode encontrar diversos *sites* ofertando microcontroladores, módulos e componentes para a implementação da domótica de maneira intuitiva e confiável.

## 1.2 HIPÓTESE

A hipótese para solução do problema é a utilização de sistemas microcontrolado para o compartilhamento de dados em nuvem, permitindo selecionar as funcionalidades de uma automação residencial, que serão disponibilizadas no tempo e condição que o usuário necessita.

Sombrio (2021) descreve que o microcontrolador é um dispositivo que contém uma unidade de processamento, integrado a um circuito de memória e periféricos. Possibilita a leitura e interpretação de sinais analógicos e digitais e, dependendo do modelo, diferentes protocolos de comunicação.

Serviço de armazenamento em nuvem, tais como Dropbox, Google Drive, One Drive e iCloud, se tornaram extremamente populares nos últimos dias, oferecendo uma maneira confiável de armazenar dados de usuários domésticos ou corporativos,

podendo ser utilizados como *backup* ou compartilhamento de arquivos em tempo real. Resultado da sincronização automática de dados em tempo real, entre usuários diferentes e o relatório de projeção da Cisco para a computação em nuvem, prevê 1,3 ZB de dados armazenados na nuvem em 2022, segundo Souza e Gonçalves(2020).

### 1.3 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é analisar as funcionalidades de aplicações domóticas customizadas, através da criação de uma maquete funcional, contendo um microcontrolador conectado à rede internet, que se comunica a um *broker* em nuvem utilizando o protocolo MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*). Onde o usuário terá acesso aos dados de sua residência e poderá interagir com os mesmos, de forma remota.

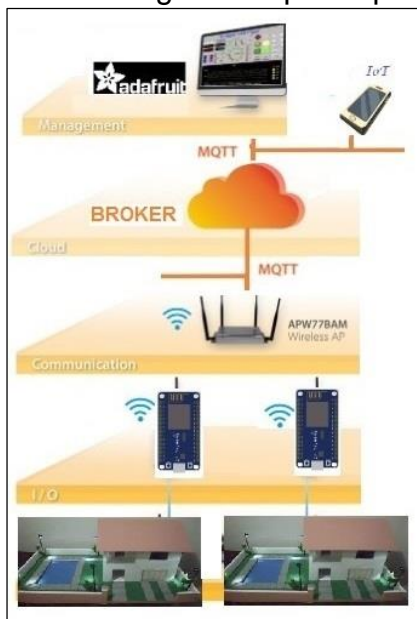
São propostos os seguintes objetivos específicos para desmembrar o objetivo geral, de forma que fique mais clara a análise das funcionalidades acima citadas, sendo eles:

- a) Estudo das aplicações da domótica;
- b) Seleção das funcionalidades que serão implementadas;
- c) Definição do método de interação domótica para estudo;
- d) Implementação do protótipo funcional casa 4.0;
- e) Implementar a interação do protótipo com o *broker* em nuvem e o aplicativo supervisorio;
- f) Analisar os benefícios de cada funcionalidade;
- g) Publicar os Resultados.

A Figura 1 apresenta as camadas tecnológicas do protótipo funcional proposto.



Figura 1 – Camadas tecnológicas do protótipo funcional proposto



Fonte: Autor (2021).

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Visando o entendimento deste trabalho, nesta seção estão reunidos os conceitos, técnicas e informações relacionadas ao tema, onde no referencial tecnológico será demonstrado quais componentes e métodos foram escolhidos, de forma facilitar a compreensão. No referencial de pesquisa é apresentado o conteúdo de trabalhos realizados anteriormente, relacionados ao assunto abordado.

### **2.1 REFERENCIAIS TECNOLÓGICOS**

Os referenciais tecnológicos indicados neste trabalho se propõem a uma introdução básica nos conceitos e características de cada um, mas sendo apontado referências para quem deseje um conhecimento mais aprofundado.

Para a melhor compreensão deste estudo, se faz necessário conhecer os conceitos de domótica, o sensoriamento em domótica, os atuadores em domótica, a Internet das Coisas, o módulo ESP8266 NodeMCU e o protocolo MQTT.

#### **2.1.1 Domótica**

De acordo com Nunes (2002), a domótica é uma área de grande interesse nos dias de hoje, sendo ligada ao controle e automação de habitações, agregando maior conforto e segurança na vida das pessoas, possibilitando controlar e monitorar diversos equipamentos, que podem ou não trabalhar em conjunto. Seus tipos de aplicação vão desde detecção de incêndio até ligar ou desligar o ar condicionado, em um horário definido pelo usuário, ou o acionamento em tempo real estando distante da residência.

Quando se fala em domótica, é considerado a implementação de qualquer integração de sistemas no âmbito residencial, através da utilização de atuadores e sensores, sendo bastante requisitada em áreas que existam pessoas com necessidades especiais e pessoas da terceira idade, sendo considerado um facilitador de atividades. Inicialmente reconhecidos como símbolo de status e modernidade, em princípio por seu alto grau de complexidade, a conveniência oferecida pela domótica

é um dos principais fatores que captam o interesse do usuário (CEZAR,2020).

Ainda segundo Cezar (2020), há um consenso quando se fala em domótica como sendo a busca para a comodidade, onde um dos principais elementos em alta é a acessibilidade, através da busca pela qualidade de vida. A melhora na qualidade de vida aliada com o avanço da tecnologia, reflete no aumento da demanda e conseqüentemente uma fatia maior da economia no mercado de tecnologia.

A Figura 2 apresenta um exemplo de representação da domótica.

Figura 2 – Exemplo de representação da domótica.



Fonte: SUA OBRA (2021).

Como mostrado em Vianna (2018), a automação residencial pode ser dividida em 3 classes de integração ou em três graus de automação de uma edificação, sendo elas: Classe I, que consiste de sistemas autônomos operando de forma independente a partir de funções pré-determinadas; Classe II, que são sistemas integrados, constituindo dois ou mais sistemas autônomos trabalhando em conjunto, sem a necessidade de uma central; Classe III, chamado de sistema complexo, que controla e gerencia a residência através de um computador ou smartphone, que possua acesso à internet. Este último por conter na grande maioria das vezes uma complexidade maior de funcionamento, necessita que a casa esteja projetada ou ofereça o mínimo possível de estrutura para implementação do sistema.

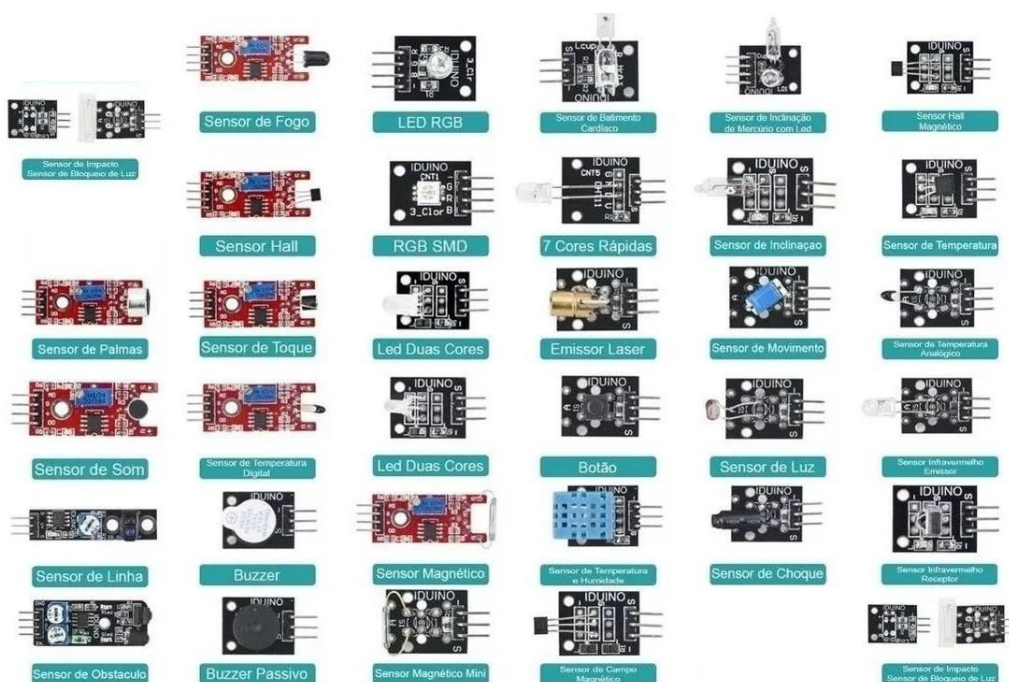
## 2.1.2 Sensoriamento em domótica

Os dispositivos chamados de sensores, são classificados como dispositivos de entrada, pois coletam a informação e enviam para o controlador. Em que os mais diversos tipos de variáveis podem ser coletados como: pressão, temperatura, níveis de gases e entre outros e o local de utilização é definido de acordo com a necessidade do usuário. O sensoriamento pode ser realizado em conjunto com outros sistemas, como por exemplo um sistema de vigilância, ou de forma individual, para coleta de informações para análise e tomadas de decisão futura, com base nestes dados (RIBEIRO, 2018).

Como descrito em Andrade (2013), a escolha do tipo de sensor ou a categoria de uso, se deve a sua peculiaridade, pois existem diversos fabricantes para um mesmo tipo de sensor, onde as características de cada um se diferem de acordo com o método de fabricação, o material usado e entre outros.

A Figura 3 apresenta uma gama de sensores que podem ser obtidos no mercado voltado a automação residencial.

Figura 3 – Exemplo de kits com sensores a venda no mercado atual



Fonte: Adaptado de ARDUO ELETRO (2021).

### 2.1.2.1 Sensor de temperatura e umidade AHT10

Tendo seu diferencial nos fatores de baixo custo e confiabilidade, o sensor de temperatura e umidade AHT10 é um sensor bastante atrativo quando se fala de automação residencial, pois de acordo com OMS (Organização Mundial da Saúde), ambientes com valor de umidade abaixo de 20% oferecem risco a saúde. Está equipado com um novo design no padrão ASIC, um semicondutor MEMS aprimorado com um elemento sensor de umidade capacitivo e um elemento sensor de temperatura padrão (USINA INFO, 2021).

A Tabela 1 apresenta as especificações relacionadas ao sensor AHT10.

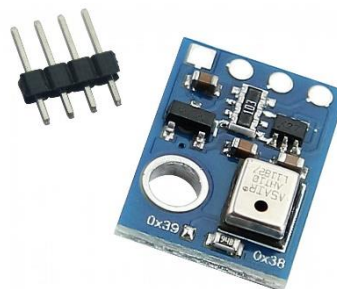
Tabela 1 – Especificações técnicas do sensor AHT10

Parâmetros	Características
Faixa de umidade relativa	0% a 100%
Precisão na umidade	±2% RH
Resolução na umidade	0.024% RH
Faixa de temperatura	-40 a 85 °C
Precisão na temperatura	± 0.3 °C
Resolução na temperatura	0.01°C
Tempo de resposta	5 segundos
Alimentação	de 1,8 V a 6 V
Consumo máximo de corrente	23 µA

Fonte: USINA INFO (2021).

A Figura 4 mostra a vista frontal e a informação referente a interface de conexão do sensor.

Figura 4 – Vista Frontal do sensor AHT 10.



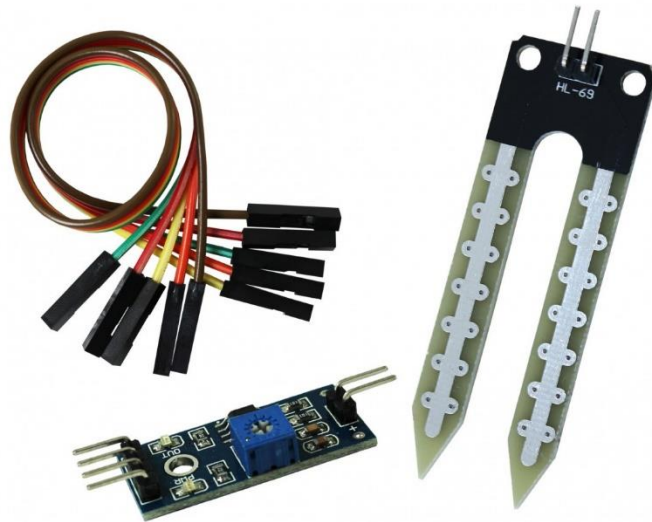
Fonte: USINA INFO (2021).

### 2.1.2.2 Sensor de Umidade de Solo

O sensor de umidade do solo utilizado neste projeto é um conjunto de um sensor HL-69 e um módulo o HL-01. O sensor HL-69 é um dispositivo passivo que é introduzido no solo próximo a planta que se deseja monitorar. Através da variação da resistência medida é possível obter o valor da umidade do solo. A medição desta resistência e a conversão dela em sinal elétrico é realizada pelo módulo HL-01, que oferece duas saídas para efetuar a leitura, uma saída analógica que varia de 0 a 1023, e uma saída digital que varia entre 0 ou 1 (nível lógico baixo ou nível lógico alto). Existindo também neste circuito da saída digital um potenciômetro para ajuste manual, onde o usuário define em que ponto é o ideal para essa variação no sinal (GREHS, 2016).

A Figura 5 apresenta o sensor HL-69 e o módulo HL-01, utilizados neste trabalho para determinar a umidade do solo de um jardim.

Figura 5 Sensor HL-69 e módulo HL-01.



Fonte: USINA INFO (2021).

A Tabela 2 contém as especificações técnicas para a utilização do sensor de umidade do solo HL-01.

Tabela 2 – Especificações técnicas do sensor HL-69

Parâmetros	Características
Tensão elétrica de operação	3,3Vcc a 5Vcc
Interface (4 fios)	VCC/GND/DO/AO
Dimensão do sensor com sondas (CxL)	60x20mm
Dimensão do circuito com <i>trimpot</i> (CxL)	32x14mm
Peso total	9 g

Fonte: USINA INFO (2021).

### 2.1.2.3 Sensor de fumaça MQ-2

O sensor de fumaça MQ-2 é um sensor construído para detectar os seguintes gases: fumaça, gás natural, metano, propano, butano, GLP, hidrogênio e outros inflamáveis. Contendo duas saídas, uma analógica e outra digital, e um potenciômetro que funciona em conjunto com estas duas saídas, para um ajuste da detecção do nível de gás. Sua tensão de operação é de 5 Vcc e sua concentração de detecção fica entre 300ppm a 10.000 ppm (OLIVEIRA,2021).

A Figura 6 apresenta o sensor de fumaça MQ-2 e os pinos de ligação ao dispositivo que irá receber as informações.

Figura 6 – Sensor de fumaça MQ-2.



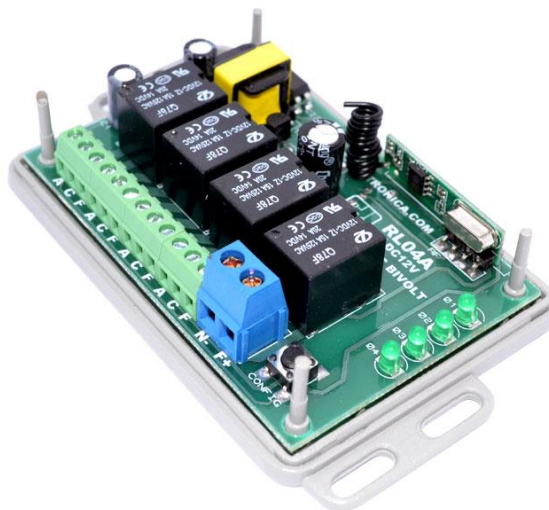
Fonte: USINA INFO (2021).

### 2.1.3 Atuadores em domótica

Dispositivos mecânicos que comandados por um sinal elétrico são chamados de atuadores, que realizam ações no ambiente de acordo com instrução previamente configurada ou pelo acionamento pelo usuário no sistema em funcionamento. Existem diversos tipos de atuadores, os mais utilizados são: modulo relé, termostatos, fechaduras eletrônicas, entre outros. Suas características, modo de configuração e instalação, seguem normas que acompanham o dispositivo quando ele é adquirido, onde na grande parte das vezes sendo dispositivos de fácil instalação (GINJO, 2017).

A Figura 7 mostra um modulo relé para acionamento de dispositivos que possam ser controlados, de acordo com a característica do sistema implantado na residência.

Figura 7 - Exemplos de atuador na domótica



Fonte: MSS ELETRONICA (2021).

Relés são componentes eletromecânicos, que podem acionar cargas das mais variadas correntes, de acordo com seu circuito. Este módulo em questão permite a partir de um sinal enviado do microcontrolador, o acionamento de cargas em corrente alternada (CA) e em corrente contínua (CC), ambas até 10A. Sendo comum seu uso na domótica, controlando lâmpadas, ventiladores, entre outros (OLIVEIRA,2021).



A Figura 8 ilustra o módulo relé com 4 canais, suas entradas e saídas e as características dos relés que estão na placa.

Figura 8 – Módulo relé com 4 canais.



Fonte: OLIVEIRA (2021).

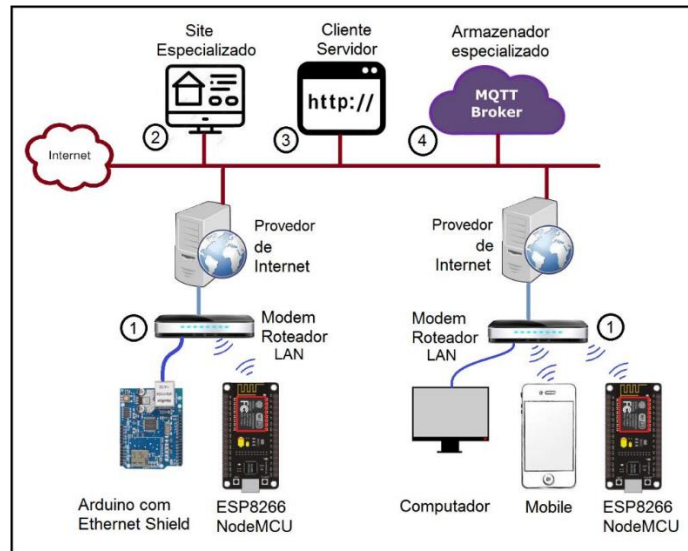
#### 2.1.4 Internet das Coisas (IoT)

De acordo com Peixoto (2021), com a chegada da 4ª revolução industrial, surgiu a necessidade de que os dispositivos não mais interagissem somente entre si, mas entre máquinas, produtos e pessoas, através do compartilhamento de informações, interações e troca de dados em tempo real.

Internet das coisas ou *Internet Of Things*, representa a conexão dos objetos eletrônicos que usamos no dia a dia com a internet, de modo que seja possível fazer o controle remotamente do dispositivo e que também se tornem um provedor de dados, capazes de coletar e processar informações, com relação ao local e a rede em que estão conectados. Existe uma alta quantidade de oportunidades a serem exploradas (OLIVEIRA, 2017).

A Figura 9 apresenta a estrutura da internet das coisas. Elencando os principais itens que fazem parte deste sistema, sendo eles: uma rede Lan para que o dispositivo se conecte a internet (1); um site especializado para esta conexão (2); um site atuando como cliente/servidor, onde ele transfere dados entre plataformas que contenham protocolos de comunicação diferentes (3) e poderá acessar um serviço específico que armazena os dados transmitidos (4) (PEIXOTO, 2021).

Figura 9 – Estrutura da internet das coisas.



Fonte: Peixoto (2021).

Se pode então considerar que o conceito de “coisa” no nome desta tecnologia, é em função da interação desta “coisa” com a internet, gerando um processamento, por sua vez um grande volume de dados, onde seu crescimento é totalmente proporcional ao aumento na segurança e na criação de protocolos de rede, desenvolvidos para esta tecnologia. (FACHINI; MESQUITA; OLIVEIRA; FRANÇA, 2017).

Como o conceito de internet das coisas é muito amplo, segue a seguir exemplos de situações no dia a dia, onde este conceito é aplicado.

No setor industrial, onde existem máquinas monitoradas por sensores, em uma situação de erro, acionam a chamada de um técnico para efetuar a correta manutenção, agilizando o processo e aumentando a vida útil do equipamento.

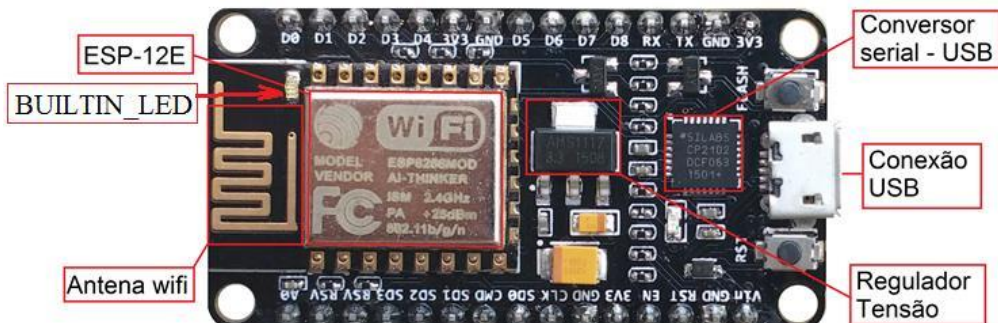
Já em aplicações para cidades inteligentes, onde este conceito é aplicado através da instalação de diversos sensores espalhados pela cidade, sendo possível monitorar áreas que contém um alto índice de alagamentos por exemplo, onde antes de começar a chover, equipes são deslocadas previamente para lidar com estas situações (FACHINI; MESQUITA; OLIVEIRA; FRANÇA, 2017).

### 2.1.5 Módulo ESP8266 NodeMCU

O módulo ESP8266 NodeMCU é uma placa de desenvolvimento que foi criada para servir com um dispositivo programável, permitindo sua programação ser realizada na linguagem LUA ou através da interface de desenvolvimento do Arduino (IDE-Arduino), contém entradas e saídas além de um dispositivo *wifi* incorporado que permite o acesso à internet, categorizando-o a um dispositivo para Internet das Coisas – IoT (PEIXOTO, 2021).

A Figura 10 apresenta a placa de desenvolvimento ESP8266 NodeMCU, com seus componentes periféricos.

Figura 10 – Placa de desenvolvimento ESP8266 NodeMCU.

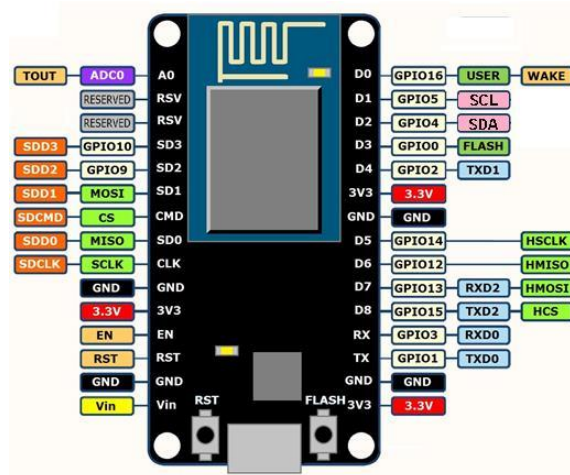


Fonte: Peixoto (2021).

Como visto em Peixoto (2021), consistindo em um módulo no formato de uma placa de circuito impresso, o módulo ESP8266 NodeMCU contém embarcado um conversor serial-USB e o módulo ESP12E, assim passando a ter as características do módulo ESP12E, podendo ser alimentado pela conexão USB ou pelo pino Vin, ambos com uma tensão de 5V, pois contém um regulador de tensão interno.

A Figura 11 apresenta os pinos de acesso ao módulo ESP8266 NodeMCU e sua disposição na placa.

Figura 11 – Layout dos pinos do módulo ESP8266 NodeMCU.



Fonte: Peixoto (2021).

### 2.1.6 Protocolo MQTT

De acordo com Peixoto (2021), o protocolo MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), é um protocolo entre máquinas, que funciona em cima do protocolo TCP-IP, tendo seu foco em Internet das coisas – IoT.

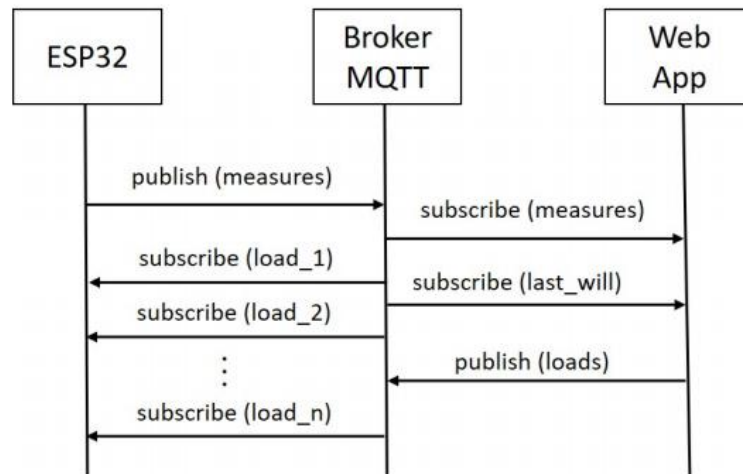
Em função do tamanho dos dispositivos IoT e sua limitação de capacidade de processamento e bateria, são utilizados protocolos de comunicação leves, otimizando o uso da rede e fornecendo mais confiabilidade de informação. O protocolo MQTT está entre os mais utilizados para aplicações IoT. O protocolo foi baseado na arquitetura *publisher/subscribe*, sendo composto basicamente pelos dispositivos conectados e pelo *broker*, onde cada dispositivo pode publicar ou subscrever um determinado tópico. Quando um dispositivo publica uma determinada informação, fica a cargo do *broker*, transmiti-la aos dispositivos subscritos naquele tópico (COSTA *et al.*, 2021).

Como mostrado em Grehs(2016) funcionando através do protocolo MQTT está o broker, que é o intermediário dentro da conexão TCP-IP entre os dispositivos (*publishers*) e os interessados em obter as informações (*subscribers*). Executando a função de servidor da conexão TCP-IP, sendo o responsável por manter a conexão ativa.

Neste trabalho utilizamos a plataforma Adafruit IO que disponibiliza o servidor broker e proporciona a comunicação através do protocolo MQTT. O servidor broker também pode ser implementado localmente, através do uso de um computador que contém conexão à internet e ficará responsável por prover a conexão e comunicação em tempo integral.

A Figura 12 exemplifica a estrutura de comunicação do protocolo MQTT entre um dispositivo ESP32 e uma aplicação na rede de internet, contendo o servidor broker provendo a correta interface de troca de dados entre os dispositivos dentro desta estrutura.

Figura 12 – Estrutura de comunicação no protocolo MQTT.



Fonte: Costa *et al.* (2021).

## 2.2 REFERENCIAIS DE PESQUISA

Neste tópico será analisado as pesquisas e trabalhos que já foram realizados de forma resumida dentro deste tema e seus resultados.

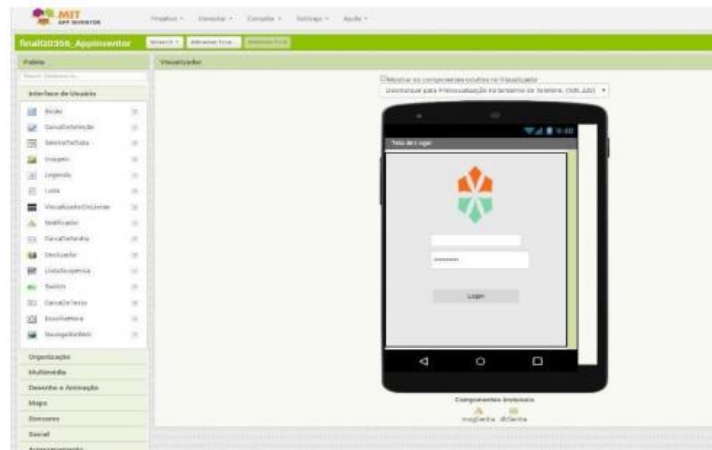
### 2.2.1 Desenvolvimento de um sistema de automação residencial baseado em domótica

O artigo apresentado por Silva *et al.* (2019), aborda um sistema de automação residencial baseado em domótica, permitindo o desenvolvimento e o monitoramento de eletrodomésticos inteligentes e aparelhos eletrônicos, com a capacidade de interagir entre si. Isto ocorre utilizando o Arduino Uno como uma central de automação, e um aplicativo mobile com sistema operacional Android, com a capacidade de controlar alguns processos residenciais de acordo com a necessidade do usuário.

O aplicativo mobile foi desenvolvido através do programa MIT App Inventor, que foi criado pela equipe liderado por Hal Abelson, professor do MIT e Mark Friedman que é funcionário do Google, possuindo uma interface de gráfica de programação que facilita a criação do projeto o programa, possibilita que novatos na programação possam criar seus próprios aplicativos para Android, possuindo ainda duas opções de programação: o modo design e o modo blocos.

A Figura 13 mostra a tela onde o usuário desenvolve a programação necessária para criar o aplicativo que irá comandar a automação.

Figura 13 – Leiaute do programa App Inventor

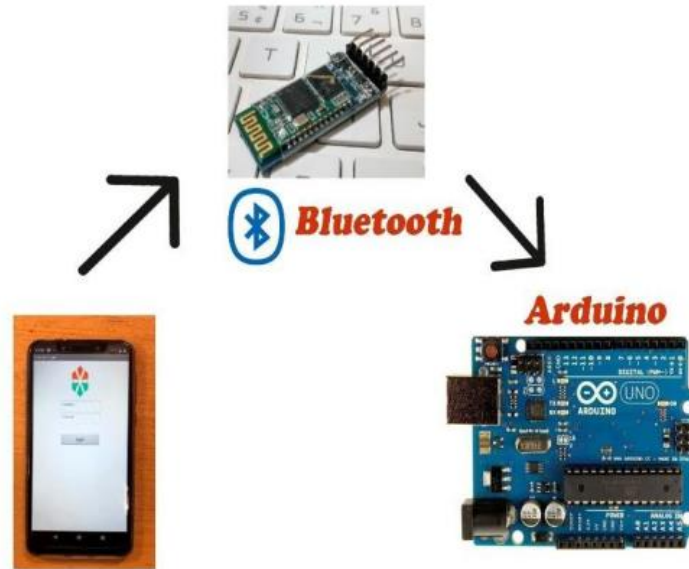


Fonte: Silva *et al.* (2019).

A comunicação deste projeto foi realizada por meio da tecnologia Bluetooth, utilizando módulo Bluetooth HC05, que foi conectada diretamente a central de automação.

A Figura 14 demonstra como é disposto a arquitetura do sistema de comunicação Bluetooth neste projeto.

Figura 14 – Arquitetura do sistema de comunicação



Fonte: Silva *et al.* (2019).

Componentes como LEDs, relés e sensores de movimento foram utilizados como dispositivos a serem controlados pela central de automação. O aplicativo mobile foi utilizado para definir o funcionamento automático de alguns dispositivos, possibilitando ainda o acionamento em tempo real da iluminação de dois equipamentos conectados ao módulo relé.

A Figura 15 mostra o sistema montado para testes e a maquete utilizada neste projeto para representar a residência.

Figura 15 – Sistema elétrico e maquete propostos



Fonte: Silva *et al.* (2019).

Os autores salientam que o projeto desenvolvido se destaca por ser um modelo básico, possuindo tecnologias e recursos de baixo custo, facilita a implementação por qualquer indivíduo interessado na área. Alcançando o objetivo do projeto, onde as maiores dificuldades foram a integração do Arduino com o aplicativo criado e a configuração correta da placa responsável pela comunicação e suas ligações físicas.

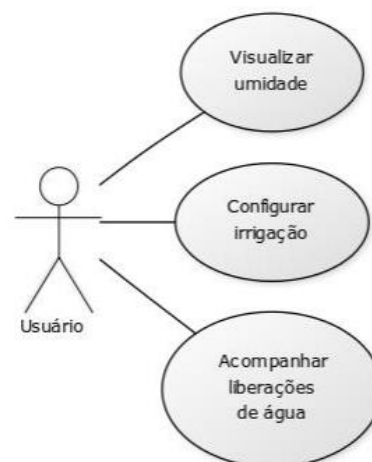
### 2.2.2 Sistema de irrigação doméstico baseado em Internet das Coisas

O trabalho desenvolvido por Grehs (2016), tem como objetivo desenvolver um sistema de irrigação doméstica utilizando conceitos de internet das coisas, permitindo o usuário realizar a irrigação de forma autônoma, utilizando um sensor de umidade do solo e um atuador para a liberação de água no reservatório da planta.

O sistema funciona através da definição do nível da umidade que o sistema irá atuar, a leitura da umidade do solo e o acionamento do atuador para liberação de água, não necessitando de intervenção direta do usuário para o sistema atuar. E posteriormente o acesso ao histórico dos momentos que o sistema foi acionado. Sendo utilizado como central de controle o módulo ESP8266.

A Figura 16 apresenta o diagrama de casos de uso definidos no projeto para identificar quais interações ocorrem no sistema e os agentes envolvidos.

Figura 16 – Diagramas de casos de uso



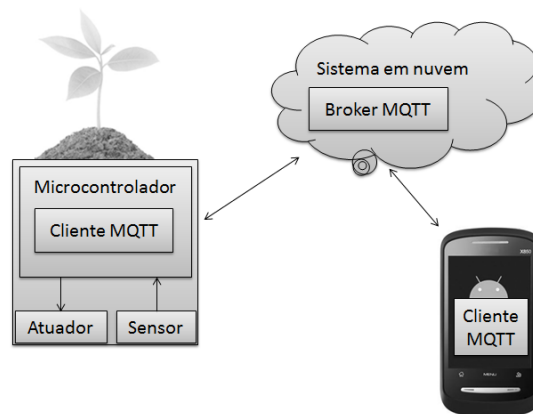
Fonte: Grehs (2016).



Através do uso do sensor e do atuador conectados a um microcontrolador, que por sua vez está conectado à rede internet, o conceito de internet das coisas fica mais claro. Através da conexão com um serviço em nuvem, o usuário final é capaz de monitorar e configurar o uso do regador através do seu aparelho celular.

A Figura 17 demonstra a arquitetura do sistema, resultando em um projeto baseado em internet das coisas.

Figura 17 – Arquitetura do sistema.



Fonte: Grehs (2016).

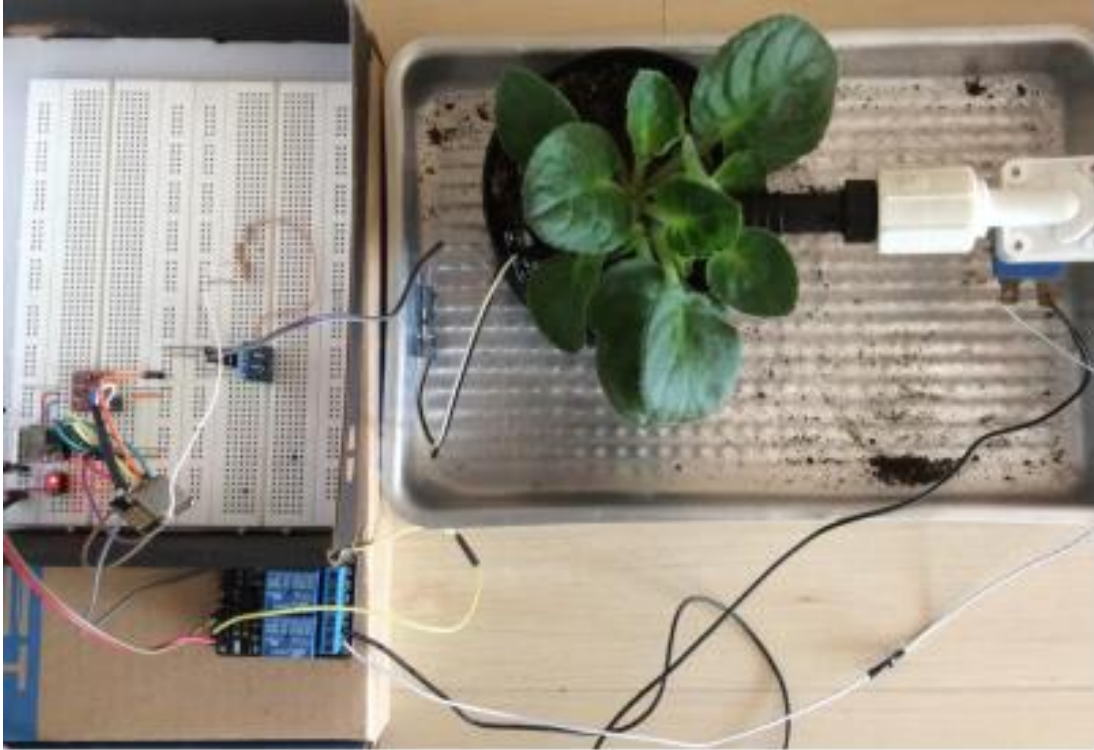
O sistema em nuvem utilizado para hospedar o *broker* MQTT foi o *Amazon Web Services* (AWS), que oferece 1 ano de serviço de hospedagem gratuito dos dados. Neste projeto foi utilizado um computador como cliente servidor, contendo o *middleware* Mosquito, provendo a comunicação entre o sistema local e o *broker* em nuvem. Existem hoje sistemas como o Adafruit IO que possibilita a conexão direta do microcontrolador ao servidor em nuvem, não necessitando de um servidor local.

O aplicativo utilizado no sistema Android é o cliente MQTT Paho, que através do *smartphone* se conecta ao sistema em nuvem para obter ou enviar as informações pré-definidas no microcontrolador.

Foram executados testes com o solo seco, com o solo regado uma vez ao dia e com o solo totalmente molhado, observando em cada um destes sistemas o valor obtido pelo sensor de umidade, para posteriormente definir o valor ideal de funcionamento.

A Figura 18 mostra o sistema físico montado para os testes efetuados para medir os valores com o solo seco, regado uma vez ao dia e totalmente úmido.

Figura 18 – Sistema físico do irrigador doméstico

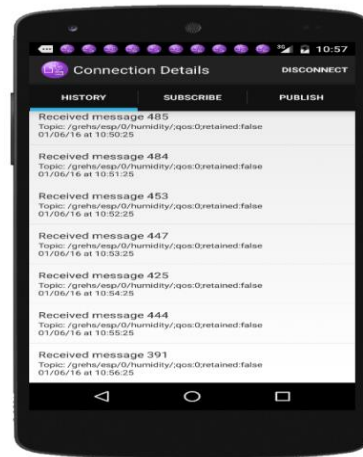


Fonte: Grehs (2016).

Após estes testes e verificação dos dados, o resultado mostrado é de que o sensor de umidade se comporta conforme o esperado, e o sistema é capaz de fornecer ao usuário o valor de umidade no sistema com uma precisão suficiente para o correto funcionamento da aplicação.

A Figura 19 mostra a tela do aplicativo do smartphone com os dados recebidos durante os testes.

Figura 19 – Dados recebidos pelo cliente MQTT no smartphone.



Fonte: Grehs (2016).

Após os testes, foi definido o valor em que o sistema acionaria o irrigador, baseado nos resultados anteriores. Assim, o sistema foi implementado e foi possível comprovar pelo histórico de dados, o correto acionamento do sistema e a estabilidade do valor de umidade definido pelo usuário.

Ao final os autores concluíram que o sistema se comporta de maneira confiável, atingido o objetivo proposto, mas destacaram que existiu uma certa dificuldade na utilização do aplicativo para o usuário final, sendo uma das implementações futuras, tonar o aplicativo mais amigável e mais dinâmico na exibição e na solicitação de informações.

### 3 METODOLOGIA

Este projeto se propõe a apresentar um estudo experimental de um sistema de automação residencial interativa, através da instalação de sensores e atuadores em uma residência, oferecendo também um monitoramento das condições ambientais de forma a proporcionar uma comodidade maior na execução de tarefas diárias na residência. É avaliado de forma qualitativa, a partir de necessidades básicas do usuário final, tais como monitoramento de temperatura e umidade e determinados cômodos da casa e o acionamento de dispositivos eletrônicos existentes no local, implementando as funcionalidades da domótica.

Por ser uma pesquisa exploratória, verificou-se metodologias e ideias aplicadas na domótica, que visam facilitar a vida do usuário com relação a processos existentes, mas implementado de forma manual e a itens que antes não eram de fato observados, mas demonstrados como itens indispensáveis para a implementação.

Neste processo, irá ser observado a situação anterior e referentes a funcionalidades implementadas através da domótica.

#### 3.1 TIPO DE PESQUISA

A pesquisa foi implementada com cunho qualitativo, experimental e descritivo, observando as melhorias nos processos existentes na residência que antes era feito de forma manual, tanto referente ao aumento da qualidade de vida como pelo conforto que esta implementação agrega, tendo um estudo de caso através da implementação da domótica em uma residência não automatizada. Resultado da instalação de sensores e atuadores em conjunto com um microcontrolador que irá gerenciar estes itens provendo a interface entre o usuário e o sistema criado. A partir da criação de uma maquete de uma residência, sendo desenvolvido um protótipo funcional deste sistema.

#### 3.2 UNIVERSO DE ABRANGÊNCIA DA PESQUISA

O estudo desenvolvido neste projeto demonstra que o método aplicado, pode ser implementado em qualquer ambiente residencial, podendo inclusive ser

implementado em pequenas empresas, transformando-se em um modelo de negócio, como por exemplo, a zeladoria 4.0<sup>1</sup>, que se encarrega de monitorar residências, tanto no âmbito de segurança patrimonial quando no âmbito de eficiência energética, analisando os dados e apresentando pontos de melhoria na estrutura elétrica da residência, afim de melhorar o consumo energético, na isolamento térmica determinando se o sistema de climatização está funcionando de forma satisfatória.

Este método também pode ser analisado de forma a construir módulos de controle residencial, com os itens mais selecionados pelo cliente, de acordo com a sua necessidade, tornando a implementação mais amigável e atrativa.

### 3.3 MÉTODO APLICADO

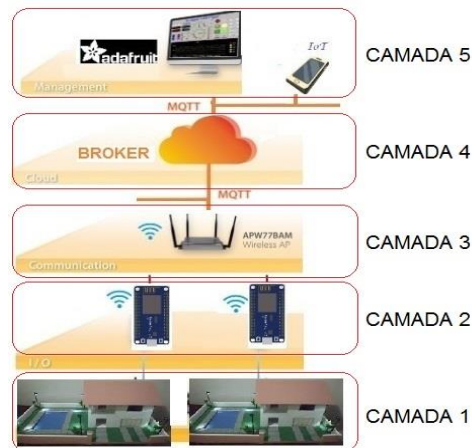
O método aplicado foi desenvolvido a partir de proposta sobre implementação da automação residencial, onde foram determinados quais componentes seriam instalados, quais os módulos e qual controlador irá ser utilizado. Criou-se uma maquete em impressão 3D, de forma a criar um protótipo funcional deste projeto. Foi possível o usuário acessar remotamente os dados e interagir com o sistema, através da implementação da IoT.

Como mostrado na seção de objetivos, é desenvolvido um sistema de camadas lógicas existentes no projeto. A Figura 20 apresenta estas camadas como metodologia do projeto.

---

<sup>1</sup> Zeladoria 4.0: Modelo de negócio direcionado a fazer o monitoramento em tempo real dos dispositivos implementados na domótica, atuando quando necessário, com relação ao bem estar residencial e eficiência energética, seja em um imóvel ou condomínio.

Figura 20 – Camadas que compõe o método aplicado no projeto



Fonte: Autor (2021).

Na primeira camada foi desenvolvido uma maquete que irá servir de protótipo para a implementação do processo. A maquete irá conter uma casa com pátio e jardim, para demonstrar a aplicabilidade do sistema. A impressora 3D utilizada no processo foi a Creality Ender 3.

Na segunda camada são definidas quais funcionalidades o protótipo terá, tais como a medição de temperatura, umidade relativa do ar, sensor de presença e leitura de umidade do solo. Foi determinado também qual microcontrolador irá gerenciar este sistema, tendo este a característica de funcionamento direcionada para Internet das coisas (IoT), recurso este essencial para a domótica 4.0<sup>2</sup>. Existem diversos microcontroladores no mercado para este fim, como o Raspberrypi, o Arduino Uno e o módulo ESP8266 NodeMCU. Existe bastante similaridade no seu funcionamento, mas com algumas características existentes apenas em cada um dos modelos, sendo levada em conta na hora da escolha da placa.

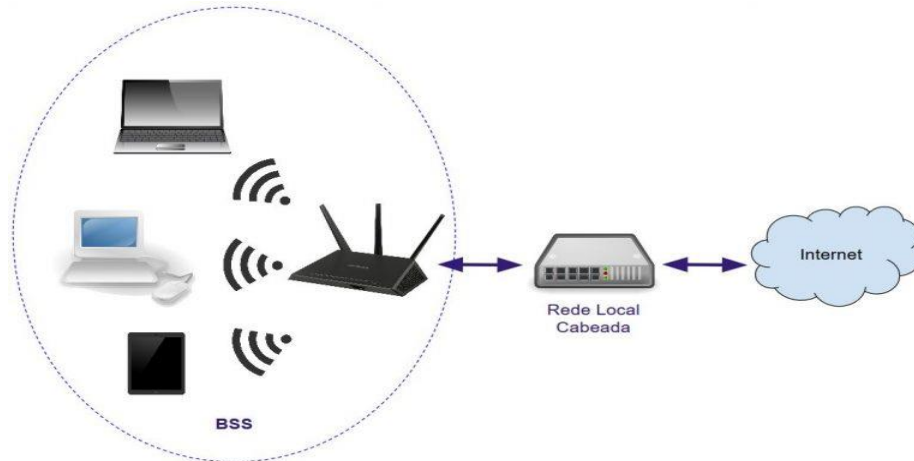
A terceira camada se refere a prover uma conexão à rede de internet dos itens existentes na segunda camada, sendo esta conexão pré-existente onde o protótipo irá se conectar, através de uma rede LAN pela conexão *Wifi*, e a rede WAN por conexão a fibra ótica. De modo geral qualquer dispositivo que disponibilize conexão cabeada ou *wifi* com a rede de internet, pode ser utilizado para este fim.

A Figura 21 demonstra a topologia referente a conexão de internet utilizada,

<sup>2</sup> Domótica 4.0: Interação entre o usuário e a automação residencial em tempo real, através de um dispositivo conectado a internet, possibilitando o acesso ao sistema e controle dos dispositivos, remotamente.

chamada de BSS (*Basic Service Set*, Conjunto de Serviço Básico).

Figura 21 – Topologia de rede utilizada para conexão à rede de internet.



Fonte: Reis (2018).

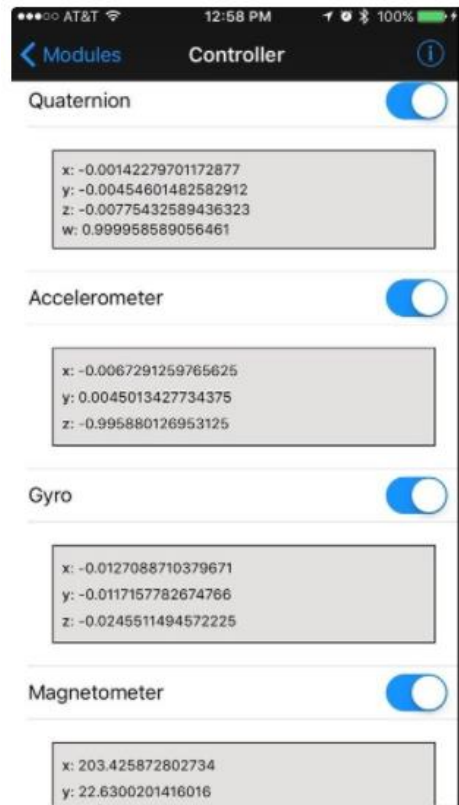
Na quarta camada é definido um meio de aquisição dos dados, existindo ou não a necessidade de um histórico destes, com o diferencial de serem disponibilizados em nuvem em tempo real, através uma plataforma que executa o serviço de *broker*, enviando e recebendo informações de acordo com a configuração e necessidade do sistema. Nos dias atuais, existem várias plataformas que disponibilizam estes serviços, como Adafruit, Mosquitto, HiveMQ, entre outras.

A quinta e última camada é referente a interface de interação entre o usuário e o sistema, que pode ser feita através do acesso a um aplicativo ou site, dependendo da plataforma utilizada para este fim. Através da exibição de um conjunto de informações adquiridas do sistema e dispositivos virtuais de acionamento de processos, dispostos em painéis gráficos chamados de *dashboards*. Através desta interface gráfica, o usuário tem acesso a informações dos sensores instalados e o acionamento dos atuadores. Há diversas empresas que fornecem este serviço de *dashboards*, tais como Eclipse, Adafruit IO, MQTT Dash e Eclipse.

Neste projeto utilizamos o acesso pelo computador ao AdafruitIO, mas a plataforma conta com o aplicativo mobile Bluefruit LE, disponível nas plataformas Android e IOS. Este aplicativo permite a mesma interação e configuração para acesso aos dashboards visualizados no navegador.

A Figura 22 ilustra um exemplo da tela do aplicativo no celular onde o usuário pode também acessar e ter acesso aos dados de sua residência.

Figura 22 – Visualização de um exemplo de dashboard pelo celular.



Fonte: Cunningham (2015).

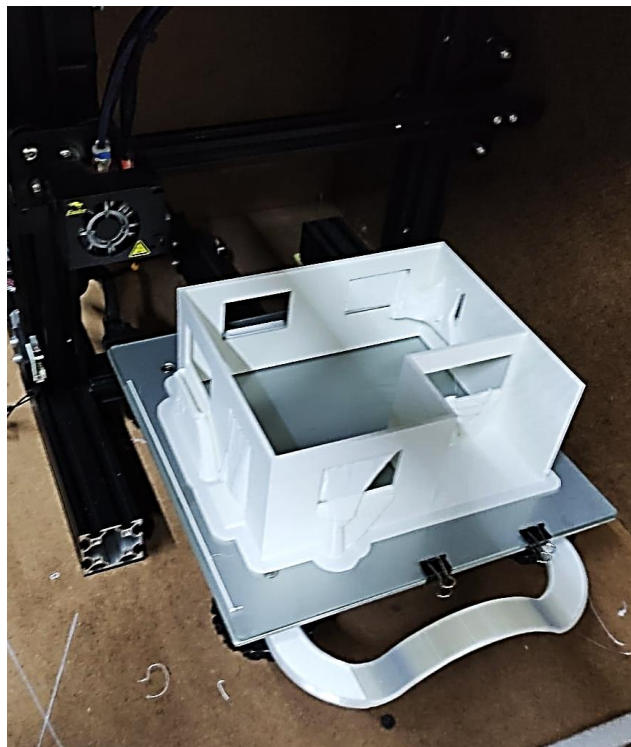


## 4 RESULTADOS

Com a auxílio de uma impressora 3D, foi impresso uma maquete de uma residência, sendo o material usado como insumo de impressão o PLA<sup>3</sup>. A estrutura desta maquete consiste em uma construção de dois andares, com dois cômodos em cada andar. A divisão dos andares foi feita com um quadrado de compensado. A impressão durou ao todo 28 horas.

A Figura 23 demonstra parte do processo de impressão finalizado antes de ser retirado da impressora 3D.

Figura 23 – Impressão do segundo andar da maquete funcional da residência.



Fonte: Autor (2021).

Foram implementados 2 sensores de temperatura e umidade do modelo AHT10, um sensor de fumaça modelo MQ-2 para cozinha, um módulo relé para

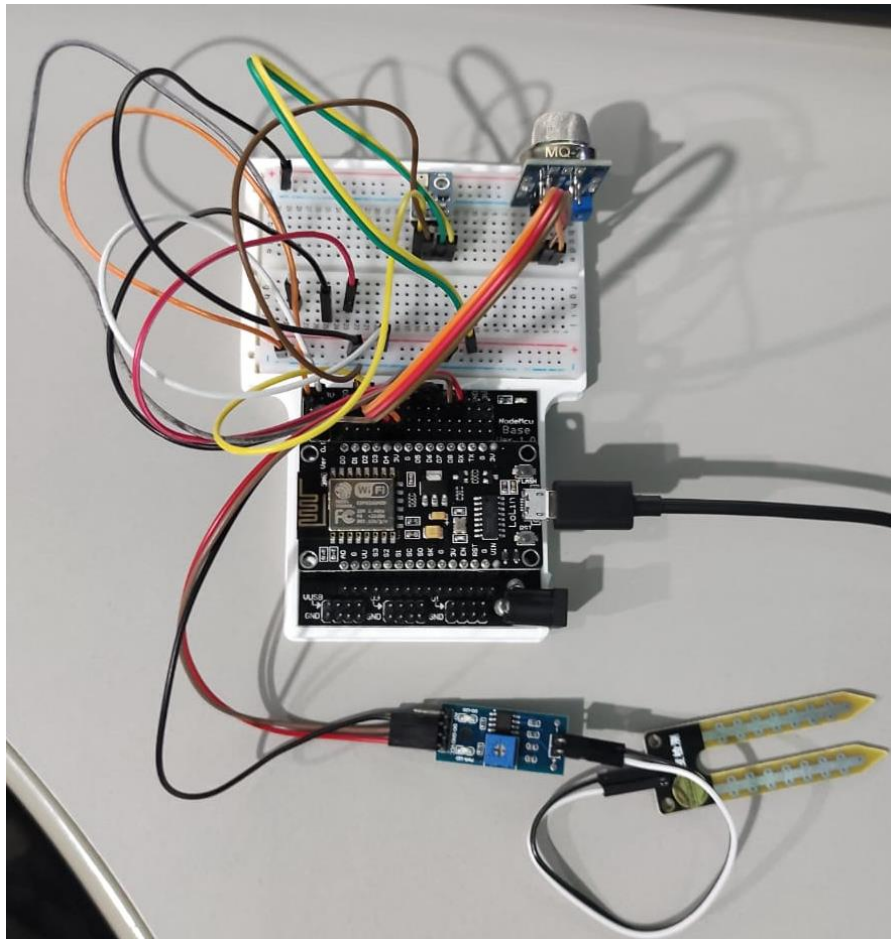
---

<sup>3</sup> PLA (Ácido Poliláctico) é um termoplástico biodegradável, derivado de fontes naturais como milho e a cana-de-açúcar, fornecendo características de um plástico, mas em uma estrutura orgânica biodegradável. Apresenta bom acabamento quando aplicado em impressões 3D, onde se faz necessário sua fusão e solidificação na forma de filamentos. Fonte: <https://3dfila.com.br/pla-tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-filamento-pla/#h-o-que-o-pla>.

acionamentos da iluminação e acionamento de uma carga simulando um eletrodoméstico. E por último, um sensor de umidade de solo, para monitorar a qualidade do solo e efetuar a irrigação, além de um fototransistor receptor e um fotodiodo transmissor que funcionam verificando se a porta da residência está aberta, para o sistema de alarme.

Estes dispositivos foram testados primeiramente em um circuito montado em matriz de contatos. A Figura 24 mostra a primeira fase de testes de aquisição de dados do sistema.

Figura 24 – Modelo inicial do sistema físico utilizado para os testes



Fonte: Autor (2021).

O microcontrolador utilizado foi o módulo ESP8266 NodeMCU, onde as funcionalidades foram implementadas de acordo com cada tipo de dispositivo utilizado, realizadas as conexões para a entrada e saída de dados aos sensores e atuadores. Foi realizada a configuração para a conexão à rede *wifi* e a implementação

da configuração necessária para comunicação com a plataforma que contém o *broker* e a interface gráfica a qual o usuário tem acesso, sendo realizado através do protocolo MQTT.

A Figura 25 demonstra um trecho do código desenvolvido para o sistema que permite a conexão à rede de internet do microcontrolador e a comunicação com a plataforma *online*.

Figura 25 – Código referente a conexão à internet e a plataforma *online*

```

/***** Configurações da Rede Wi-Fi *****/

#define WLAN_SSID      "Anakin" //Nome da rede WiFi
#define WLAN_PASS      "180288161188" //Senha da rede Wifi

/***** Configurações Adafruit.io *****/

#define AIO_SERVER      "io.adafruit.com" //Servidor MQTT
#define AIO_SERVERPORT  1883 //Porta do Servidor
#define AIO_USERNAME    "Gui_Guedes" //Nome do usuário na Adafruit.IO
#define AIO_KEY          "aio_AddV28lvS4d32zFntHFjBqEYtcCI" //Senha do usuário na Adafruit.IO

/***** Configurações Globais *****/

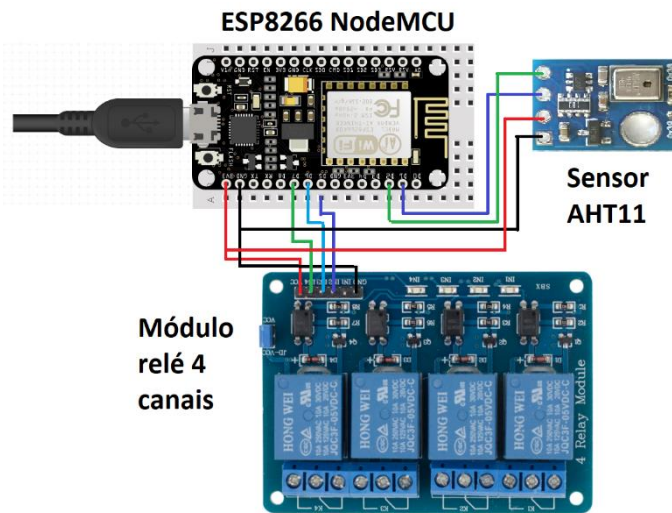
```

Fonte: Autor (2021).

Os periféricos instalados foram divididos entre dois controladores ESP8266 NodeMCU, de forma a ficar mais simples a instalação. Na ESP8266 NodeMCU de número 1 foram implementadas as seguintes funcionalidades: leitura de temperatura e umidade da casa; acionamento da iluminação da residência e do pátio; acionamento da carga referente ao eletrodoméstico. Na ESP8266 NodeMCU de número 2 foram implementadas as seguintes funcionalidades: leitura da temperatura e umidade do pátio; leitura da umidade do solo do jardim; sensor de Alarme; e sensor de fumaça.

Na Figura 26 contém o diagrama elétrico da ESP8266 NodeMCU, mostrando os relés que iram atuar para a ligação das cargas e o sensor de temperatura e umidade.

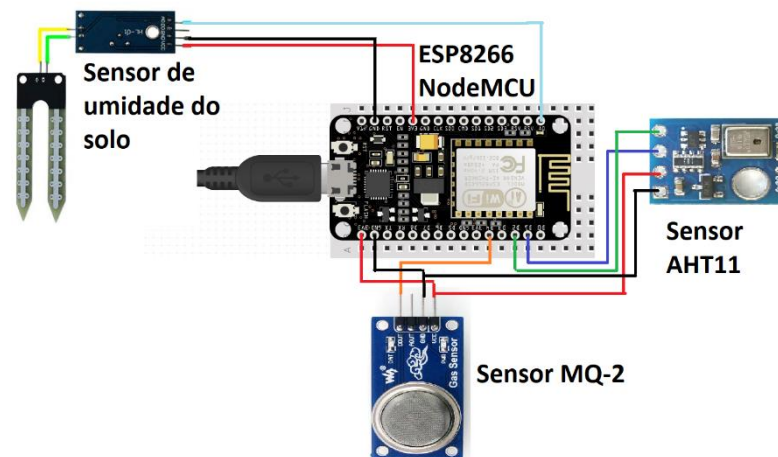
Figura 26 – Diagrama elétrico do controlador ESP8266 NodeMCU para acionamento das luzes e da cafeteira e sensoriamento de umidade e temperatura do pátio.



Fonte: Autor (2021).

Na Figura 27 contém o diagrama elétrico da ESP8266 NodeMCU, contendo o restante dos sensores que foram utilizados.

Figura 27 – Diagrama elétrico do controlador ESP8266 NodeMCU contendo o sensor de fumaça, sensor de temperatura e umidade da casa e do solo.



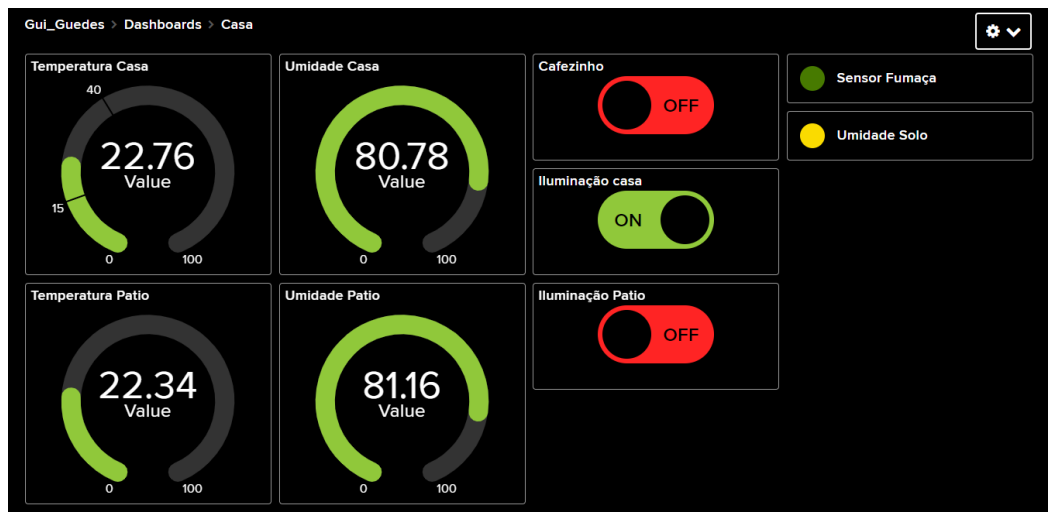
Fonte: Autor (2021).

Para o *broker* e a interface gráfica foi utilizado a plataforma AdafruitIO, que disponibiliza o serviço de aquisição e armazenamento de dados através do protocolo MQTT e sua plataforma de *dashboards*, que são painéis de controle gráficos

customizáveis, em que é mostrado os valores obtidos pelos sensores presentes no sistema e os botões para definir o estado dos atuadores.

A Figura 28 apresenta o *dashboard online* da aplicação, em que o usuário tem acesso aos dados obtidos em tempo real e o acionamento dos itens presentes na automação.

Figura 28 – Painel de visualização de dados da automação residencial



Fonte: Autor (2021).

Ao final os microcontroladores e os periféricos foram integrados na maquete de forma funcional, simulando o uso diário do sistema. A Figura 29 mostra o protótipo funcional concluído, com o sistema de automação residencial em funcionamento.

Figura 29 – Protótipo funcional concluído



Fonte: Autor (2021).

## 5 ANÁLISE

Através da utilização de técnicas semelhantes a trabalhos anteriores, como o sistema de irrigação doméstico baseado em internet das coisas, do autor Grehs (2016) e o trabalho referente ao desenvolvimento de um sistema de automação residencial baseado em domótica, dos autores Silva e Oliveira, foi possível a implementação da Domótica em um protótipo, possibilitando um avanço na forma com interagimos com o ambiente em nossa residência, podendo ser customizado de acordo com a nossa necessidade.

O Quadro 1 apresenta a análise comparativa entre as funcionalidades antes e depois da implementação da domótica.

Quadro 1 – Comparativo das funcionalidades antes e depois da implementação

Funcionalidades	Sem a domótica	Com a domótica
Acionamento do sistema de Iluminação.	Realizado de forma manual e presencial.	Realizado de forma não presencial em tempo real.
Aquisição de Temperatura e umidade.	Realizado pelo usuário através de um instrumento de medição.	Realizado de forma autônoma, com acesso aos dados em tempo real.
Aquisição Umidade do solo.	Não monitorado, mantendo uma frequência de cuidado com plantas irregular.	Realizado de forma autônoma, com acesso aos dados em tempo real.
Acionamento de cargas (máquina de café).	Feito de forma manual e presencial pelo usuário.	Feito de forma remota, integrado com o sistema de proteção contra incêndio.
Proteção contra incêndio.	Os equipamentos da residência não eram monitorados.	Sistema de baixo custo, interligado com os sistemas de acionamento de cargas, com acesso a status em tempo real.

Fonte: Autor(2021).

A análise das diferenças mostra que todas as ações realizadas pelo usuário se tornaram mais eficientes, tendo em vista o trabalho manual realizado antes da implementação e a falta de histórico destes dados. Possibilita a análise destes dados, para tomada de ação futura.

Através do histórico de temperatura da residência é possível determinar se

alguma ação deve ou não ser tomada, para melhorar a eficiência dos equipamentos, como por exemplo o ar-condicionado, para manter a correta temperatura interna. Inclusive comparando o antes e o depois desta temperatura, para que possa ser analisado se a tomada de ação foi eficaz.

A aquisição do valor de umidade relativa do ar na residência, não monitorada anteriormente, apresenta uma grande importância para o ser humano, pois em determinados níveis se torna prejudiciais à saúde (TONELLI, 2009).

O acionamento de cargas funciona mediante a não existência de fumaça no ambiente, o que anteriormente não era monitorado, mesmo após o acionamento das cargas. A partir do momento que o sistema detecta fumaça, estas são automaticamente desabilitadas.

O ESP8266 NodeMCU, demonstrou ser uma ferramenta confiável para a gestão deste sistema, sendo sua integração ao Adafruit IO bastante intuitiva e confiável, em que uma das poucas restrições encontradas neste sistema foi que o serviço por ser gratuito, oferece um limite máximo de troca de dados por minuto e um número máximo de sensores ou atuadores que podem ser utilizados nos painéis. Se houver a necessidade de mais dispositivos, ele terá que obrigatoriamente contratar o serviço pago que expande estes itens e oferece outras ferramentas dentro deste ambiente.

## 6 CONCLUSÃO

Neste trabalho realizou-se um estudo de caso da automação residencial interativa, demonstrando a facilidade de implementação e uso. Não tendo um custo elevado para adquirir os componentes utilizados, aumentando a possibilidade de inclusão maior das classes de menor poder aquisitivo a estes sistemas.

Para o problema descrito, foi construído um protótipo funcional, que coleta os dados e envia para o *broker*, localizado no serviço em nuvem da plataforma AdafruitIO. Esta por sua vez exibiu os dados nos painéis gráficos, disponível ao usuário em tempo real de forma autônoma.

A restrição encontrada neste sistema foi que o serviço, por ser gratuito, oferece um limite máximo de troca de dados por minuto e um número máximo de sensores ou atuadores que podem ser utilizados nos painéis, onde se existir a necessidade do usuário em adicionar mais dispositivos, ele terá que obrigatoriamente contratar o serviço que contém mais opções.

Durante o projeto, a alimentação através da placa ESP8266 NodeMCU do circuito de iluminação apresentou falhas com relação a corrente necessária para o funcionamento deles. Foi necessário prover ao sistema de iluminação uma fonte externa de alimentação com tensão de funcionamento de 5V.

Futuramente, este trabalho pode ser expandido, adicionando interfaces de acionamentos e comunicação, como por exemplo no controle autônomo do sistema de irrigação das plantas, trabalhando em conjunto com o sensor de umidade do solo. Também através da comunicação com o sistema de ar condicionado, pode ser desenvolvido um algoritmo que crie a relação entre qualidade do ar e eficiência energética, visando a redução do consumo de energia da residência. Existem várias possibilidades de expansão deste sistema, podendo se adequar a diversas necessidades do usuário.

Este projeto foi realizado dentro de um ambiente simulado e utilizou os conhecimentos adquiridos no decorrer do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial, realizado na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, tendo como componentes curriculares diretamente correlacionados: Eletrônica digital; Microprocessadores; Redes Industriais de Comunicação; Metodologia Científica; Programação; Sistemas de Supervisórios, entre outros.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, Anderson Vinícius Toledo. **PRINCIPAIS DESAFIOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL**: prototipação com arduino. 2013. 57 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional, Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes, 2013. Disponível em: <https://mpoic.ucam-campos.br/wp-content/uploads/2013/11/Anderson-Vin%C3%ADcius-Toledo-Andrade.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2021.
- ARDUO ELETRO. **KIT COM 37 MÓDULOS / SENSORES PARA ARDUINO**. Disponível em: <https://www.arduoeletro.com/kit-com-37-modulos-sensores-para-arduino-pic-rasp-berry>. Acesso em 20 ago. 2021.
- BARROS, Auriza Lopes de. **Edifícios Inteligentes e a Domótica**: proposta de um projecto de automação residencial utilizando o protocolo x-10. 2010. 135 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Construção Civil, Universidade Jean Piaget de Cabo Verde, Cidade da Praia, 2010. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/38682531.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2021
- CEZAR, Edvandro Roberto da Silva. A DOMÓTICA CRIANDO CONFORTO E SEGURANÇA. **Revista Ubiquidade**, [s. l], v. 3, n. 2, p. 20-29, 2 jul. 2020. Semestral. Disponível em: <https://revistas.anchieta.br/index.php/RevistaUbiquidade/issue/view/210>. Acesso em: 19 ago. 2021.
- COSTA, Kevin Rabelo; ANTUNES, Fernando Luiz Marcelo; NASCIMENTO, Anderson Jhones Passos; MUNIZ, Adão Linhares; CASTELO, Ricardo; CARVALHO, Gabriel Marçal da Cunha Pereira. MQTT based Monitoring and Management System for Distributed Generation Units. In: SEMINAR ON POWER ELECTRONICS AND CONTROL (SEPOC 2021), 13., 2021, Santa Maria. **Proceedings of the 13th Seminar on Power Electronics and Control (SEPOC 2021)**. Santa Maria: Sepoc, 2021. p. 1-5. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/21812>. Acesso em: 28 ago. 2021.
- CUNNINGHAM, Collin. **Bluefruit LE Connect for iOS and Android**: controller. Controller. 2015. Disponível em: <https://learn.adafruit.com/bluefruit-le-connect/controller>. Acesso em: 11 dez. 2021.
- DOMINGUES, Ricardo Gil; PINA FILHO, Armando Carlos. A importância da domótica para a sustentabilidade das cidades. **Brazilian Journal Of Development**, Curitiba, v. 5, n. 10, p. 18477-18495, 08 out. 2019. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv5n10-101>. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/3698>. Acesso em: 18 ago. 2021.
- FACHINI, Moisés Panegassi; MESQUITA, Nathalia Pinheiro; OLIVEIRA, Rafael

Padovani; FRANÇA, Patricia Gallo de. Internet das Coisas: uma breve revisão bibliográfica. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, [S.L.], v. 11, n. 6, p. 85, 29 dez. 2017. IFCE. <http://dx.doi.org/10.21439/conexoes.v11i6.1007>. Disponível em: <http://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/1007>. Acesso em: 28 ago. 2021.

GINJO, José Luís Boticário. **Implementação de um sistema de domótica híbrido**. 2017. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Departamento de Engenharia Eletrotécnica, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2017. Disponível em: <https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/14317>. Acesso em: 20 ago. 2021.

GREHS, Daniel Henrique. **Sistema de irrigação doméstico baseado em Internet das Coisas**. 2016. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Computação, Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/147673>. Acesso em: 22 ago. 2021.

JOSÉ, Mauro; GIACOMELLI, Waldiney; LUIS, Vinícius; FONTES, Marina. **Domótica via web ao alcance da classe média baixa**. 2012. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/view/2995>. Acesso em: 01 ago. 2021.

MSS ELETRONICA. **Kit Módulo relê para automação residencial RF 433Mhz 4 canais Bivolt - RL04A com controle remoto de 4 botões - Automação com Broadlink TouchLight GeekLink**. Disponível em: [https://www.msseletronica.com.br/detalhes/kit-modulo-rele-para-automacao-residencial-rf-433mhz-4-canais-bivolt-rl04a-com-controle-remoto\\_pid1206\\_trk4.html](https://www.msseletronica.com.br/detalhes/kit-modulo-rele-para-automacao-residencial-rf-433mhz-4-canais-bivolt-rl04a-com-controle-remoto_pid1206_trk4.html). Acesso em 22 ago. 2021.

MURATORI, José Roberto; BÓ, Paulo Henrique dal. **Automação residencial: histórico, definições e conceitos**. 2011. Disponível em: <https://osetoreletrico.com.br/capitulo-i-automacao-residencial-historico-definicoes-e-conceitos/>. Acesso em: 01 ago. 2021.

MURTA, José Gustavo Abreu. **Sensores DHT11 e DHT22: Guia básico dos sensores de umidade e temperatura**. 2019. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/sensores-dht11-dht22/>. Acesso em: 22 ago. 2021.

NUNES, Renato Jorge Caleira. **Análise Comparativa de Tecnologias para Domótica**. 2002. Disponível em: <http://domobus.net/docs/>. Acesso em: 19 ago. 2021.

OLIVEIRA, Euler. **Como usar com Arduino – Led Emissor IR e Fototransistor IR**. 2019. Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-led-emissor-ir-e-fototransistor-ir>. Acesso em: 22 ago. 2021.

OLIVEIRA, Euler. **Como usar com Arduino – Módulo Relé 5V de 4 Canais**. Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-modulo-rele-5v-de-4-canais>. Acesso em: 22 ago. 2021.

OLIVEIRA, Euler. **Como usar com Arduino – Sensor (Detector) de Gás Inflamável**

/ **Fumaça – MQ-2.** Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-sensor-detector-de-gas-inflamavel-fumaca-mq-2>. Acesso em: 22 ago. 2021.

OLIVEIRA, Sergio de. Introdução. In: OLIVEIRA, Sergio de. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi**. São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2017. Cap. 1. p. 17-19. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=E8gmDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA17&dq=internet+das+coisas&ots=5QNgbra05D&sig=-uF2Ai\\_lb52is9R1WziFW2wSx9Y#v=onepage&q=internet%20das%20coisas&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=E8gmDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA17&dq=internet+das+coisas&ots=5QNgbra05D&sig=-uF2Ai_lb52is9R1WziFW2wSx9Y#v=onepage&q=internet%20das%20coisas&f=false). Acesso em: 22 ago. 2021.

PEIXOTO, João Alvarez. **ESP8266 NodeMCU: do piscado à internet das coisas**. Porto Alegre: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (Uergs), 2021. 201 p. Disponível em: <https://pt.calameo.com/books/005647350c64b126c49b1>. Acesso em: 28 ago. 2021.

REIS, Fábio dos. **Arquiteturas de Redes Locais Sem Fio (Wi-Fi)**: bss (basic service set, conjunto de serviço básico). BSS (Basic Service Set, Conjunto de Serviço Básico). 2018. Disponível em: <http://www.bosontreinamentos.com.br/redes-wireless/arquiteturas-de-redes-locais-sem-fio-wi-fi/>. Acesso em: 11 set. 2021.

RIBEIRO, Carlos Eduardo. **DOMÓTICA: viabilidade da Automação Residencial**. 2018. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Centro Universitário Sul de Minas, Varginha, 2018. Disponível em: [http://192.100.247.84/bitstream/prefix/651/1/TCC%20-%20Viabilidade%20da%20Automa%20a7%20a3o%20Residencial\\_FINAL.pdf](http://192.100.247.84/bitstream/prefix/651/1/TCC%20-%20Viabilidade%20da%20Automa%20a7%20a3o%20Residencial_FINAL.pdf). Acesso em: 20 ago. 2021.

SANTOS, Jean Willian; LARA JUNIOR, Renato Capelin de. **SISTEMA DE AUTOMATIZAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO CONTROLADO PELO MICROCONTROLADOR ESP32 E MONITORADO VIA SMARTPHONE**. 2019. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnólogo em Automação Industrial, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16960>. Acesso em: 25 jul. 2021.

SILVA, Antonia Natalia da Conceição; OLIVEIRA, Eduardo Rodrigues de. **Desenvolvimento de um sistema de automação residencial baseado em domótica**. 2019. 19 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação, Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos, Brasília, 2019. Disponível em: [https://dspace.uniceplac.edu.br/bitstream/123456789/394/1/Ant%C3%B4nia%20Nat%C3%A1lia%20Silva\\_0003522%20Eduardo%20Rodrigues%20de%20Oliveira\\_000394.pdf](https://dspace.uniceplac.edu.br/bitstream/123456789/394/1/Ant%C3%B4nia%20Nat%C3%A1lia%20Silva_0003522%20Eduardo%20Rodrigues%20de%20Oliveira_000394.pdf). Acesso em: 01 ago. 2021.

SOMBRIÓ, Yuri Machado. **Um estudo comparativo entre placas e ambientes de desenvolvimento em um contexto mecatrônico**. 2021. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecatrônica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2021. Disponível em:

<https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/2061/TCC%20-%20Yuri%20Machado%20Sombrio.pdf?sequence=1>. Acesso em: 18 ago. 2021.

SOUSA, Denilson da Silva; GONÇALVES, Glauber Dias. Análise do Uso de Comunicação Dispositivo a Dispositivo para Transferência de Dados Compartilhados em Serviços de Armazenamento Pessoal em Nuvem. **Revista de Sistemas e Computação - RSC**, Salvador, v. 10, n. 3, p. 275-284, 2020. Quadrimestral. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/rsc/article/view/6895/4241>. Acesso em: 18 ago. 2021.

SUA OBRA. **Aplicações da Domótica**. 2021. Disponível em: <https://www.suaobra.com.br/dicas/seguranca-e-tecnologia-residencial-veja-a-domotica>. Acesso em 20 ago. 2021.

TONELLI, João Marcelo de Moraes. **MONITORAMENTO E CONTROLE DE TEMPERATURA E UMIDADE DE AMBIENTES**. 2009. 103 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia da Computação, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/123456789/3341/2/20416589.pdf>. Acesso em: 20 out. 2021.

USINA INFO. **Detector de Gás / Sensor de Gás MQ-2 - Gás Inflamável e Fumaça**. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-gas-arduino/detector-de-gas-sensor-de-gas-mq-2-gas-inflamavel-e-fumaca-2536.html>. Acesso em 22 ago. 2021.

USINA INFO. **Fotodiodo TIL32 5mm Emissor Infravermelho**. 2021. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/fotodiodo/fotodiodo-til32-5mm-emissor-infravermelho-3194.html>. Acesso em 22 ago. 2021.

USINA INFO. **Fototransistor / Receptor Infravermelho 5mm - TIL78**. 2021. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/fotodiodo/fototransistor-receptor-infravermelho-5mm-til78-3093.html>. Acesso em 22 ago. 2021.

VIANNA, Gabriel Pereira. **DOMÓTICA: AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM BAIXO CUSTO UTILIZANDO O ARDUINO**. 2018. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Centro Universitário Unifacvest, Lajes, 2018. Disponível em: [https://www.unifacvest.edu.br/assets/uploads/files/arquivos/ddb87-6\\_gabriel\\_viana.pdf](https://www.unifacvest.edu.br/assets/uploads/files/arquivos/ddb87-6_gabriel_viana.pdf). Acesso em: 20 ago. 2021.