

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PROJETO DE GRADUAÇÃO**



LUANY TONIATO OLIVEIRA

**AUTOMATIZANDO AMBIENTES ESCOLARES
UTILIZANDO PRINCÍPIOS DE IOT**

VITÓRIA - ES

2022

LUANY TONIATO OLIVEIRA

**AUTOMATIZANDO AMBIENTES ESCOLARES
UTILIZANDO PRINCÍPIOS DE IOT**

Parte manuscrita do Projeto de Graduação da aluna Luany Toniato Oliveira, apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheira Eletricista.

VITÓRIA - ES

2022

LUANY TONIATO OLIVEIRA

AUTOMATIZANDO AMBIENTES ESCOLARES UTILIZANDO PRINCÍPIOS DE IOT

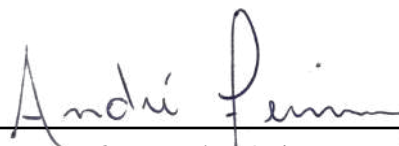
Parte manuscrita do Projeto de Graduação da aluna Luany Toniato Oliveira, apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheira Eletricista.

Aprovado em 25 de março de 2022.

COMISSÃO EXAMINADORA:



**Profa. Dra. Marcia Helena Moreira
Paiva**
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Dr. André Ferreira
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador



**Eng. Matheus Gozzi Renoldi Siqueira
Costa**
Examinador externo

VITÓRIA - ES

2022

AGRADECIMENTOS

À Deus, autor e princípio de todas as coisas, e a Nossa Senhora pelas infinitas graças derramadas.

À minha família, por todo apoio emocional em especial a minha mãe Lene por todo amor, compreensão e intercessão, ao meu pai Djalma pelo incentivo que deu enquanto estava conosco e que partiu sem que antes pudesse ver o fim dessa etapa, a minha irmã Dany pelo companheirismo e apoio. Agradeço também aos meus avós, tios e primos pelo incentivo. A todos vocês, minha eterna e sincera gratidão.

À meu namorado Carlo, por toda compreensão, companheirismo e palavras de incentivo.

À minha orientadora Márcia, por aceitar me orientar durante este trabalho e permitir que eu faça parte do projeto de extensão Meninas na Engenharia. Agradeço também as demais meninas e professoras do projeto de extensão.

Aos colegas da equipe de telecomunicações da EDP Espírito Santo, pelo conhecimento que compartilham comigo durante o estágio e pela disponibilidade de sempre em ajudar e me ensinar.

À Universidade Federal do Espírito Santo pela minha formação.

Nossa maior fraqueza está em desistir.
O caminho mais certo de vencer é tentar mais uma vez.
Thomas Edison

RESUMO

Atualmente tem crescido a quantidade de dispositivos inteligentes, tais como *smartphones*, *smart TVs*, *smartwatches*, isso porque o uso da internet pela população aumenta a cada dia, o que levou ao surgimento da necessidade de conectar aparelhos que antes não tinham conexão com a internet. Nesse contexto, a domótica, que é a integração dos mecanismos automáticos de uma residência, vem ganhando cada vez mais espaço como uma forma de tornar os ambientes domésticos mais seguros, confortáveis e energeticamente econômicos. Como um ambiente escolar assemelha-se mais a um ambiente doméstico do que a um industrial, foram aplicados neste trabalho os conceitos de domótica para descrever o desenvolvimento de um sistema de automação para ser instalado em ambientes escolares. O projeto foi realizado com o intuito de traçar o perfil de consumo desses ambientes para obter uma futura economia de energia elétrica. Por meio do monitoramento e controle do sistema elétrico em salas de aula é possível obter informações relevantes quanto ao uso da energia pelos usuários. Foi criado e instalado um protótipo no Colégio Estadual do Espírito Santo, localizado em Vitória, um sistema que permitiu, através do uso de microcontroladores, sensores e uma arquitetura de Internet das Coisas (IoT), o controle remoto e o monitoramento da iluminação de uma sala de aula. O objetivo de monitorar o consumo energético o consumo energético foi atingido, utilizando uma plataforma em nuvem para projetos IoT, o *ThingSpeak*, que disponibiliza os dados gerados para que possam ser analisados, e assim, determinar medidas que levem a um melhor e mais eficiente uso da energia elétrica pela comunidade escolar.

Palavras-chave: Domótica; Internet das Coisas; Iluminação; Automação; Microcontroladores.

ABSTRACT

Currently, the number of smart devices has grown, such as smartphones, smart TVs, smartwatches, because the use of the internet by the population increases every day, which led to the emergence of the need to connect devices that previously had no internet connection. In this context, home automation, which is the integration of the automatic mechanisms of a residence, has been gaining more and more space as a way to make domestic environments safer, more comfortable and energy efficient. As a school environment is more similar to a domestic environment than to an industrial one, the concepts of home automation were applied in this work to describe the development of an automation system to be installed in school environments. The project was carried out with the aim of tracing the consumption profile of these environments in order to obtain future electric energy savings. By monitoring and controlling the electrical system in classrooms, it is possible to obtain relevant information regarding energy use by users. A prototype was created and installed at Colégio Estadual do Espírito Santo, located in Vitória, a system that allowed, through the use of microcontrollers, sensors and an Internet of Things (IoT) architecture, the remote control and monitoring of the lighting of a classroom. The objective of monitoring energy consumption was achieved using a cloud platform for IoT projects, ThingSpeak, which makes the generated data available so that they can be analyzed, and thus, determine measures that lead to a better and more efficient use of electricity by the school community.

Keywords: Domotics; Internet of things; Lighting; Automation; Microcontroller.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arquitetura de 3 camadas.	18
Figura 2 – Comunicação dos elementos.	19
Figura 3 – Arquitetura centralizada.	19
Figura 4 – Node MCU ESP8266.	21
Figura 5 – Diagrama de blocos ESP8266.	21
Figura 6 – ESP32 DevKit V1	22
Figura 7 – Diagrama de blocos ESP32.	22
Figura 8 – Sensor de corrente.	24
Figura 9 – Módulo sensor de tensão	25
Figura 10 – Relé.	26
Figura 11 – Modelos OSI e TCP/IP	28
Figura 12 – Comunicação <i>bluetooth</i>	29
Figura 13 – Diagrama esquemático de comunicação MQTT	31
Figura 14 – Sala de aula do Colégio Estadual do Espírito Santo escolhida para implementação do projeto.	33
Figura 15 – Conjunto de interruptores da sala de aula do Colégio Estadual do Espírito Santo.	34
Figura 16 – Diagrama multifilar circuito de iluminação	35
Figura 17 – Diagrama multifilar circuito de ventilação	35
Figura 18 – Ligação do sensor de tensão.	36
Figura 19 – Arquitetura de conexão.	36
Figura 20 – Criação de canal no <i>ThingSpeak</i>	38
Figura 21 – Configuração do canal no <i>ThingSpeak</i>	39
Figura 22 – Esquema para acionar um atuador.	39
Figura 23 – Esquema para acionar um atuador via aplicativo.	40
Figura 24 – Tela do aplicativo para <i>ThingSpeak</i>	40
Figura 25 – Programação do aplicativo <i>ThingSpeak</i>	41
Figura 26 – Página HTML.	41
Figura 27 – Programação do aplicativo web server.	41
Figura 28 – Tela do aplicativo para web server.	42
Figura 29 – Esquemático de conexão dos sensores e atuados ao microcontrolador.	43
Figura 30 – Bancada de teste.	44
Figura 31 – Protótipo e página HTML na situação em que todas as cargas estão desligadas.	45
Figura 32 – Protótipo e página HTML na situação em que apenas a lâmpada 2 está acesa.	45

Figura 33 – Protótipo e página HTML na situação em que todas as cargas estão ligadas.	46
Figura 34 – Sistema montando em sala de aula do Colégio Estadual do Espírito Santo.	47
Figura 35 – Sala de aula do Colégio Estadual do Espírito Santo com todas as lâmpadas acesas.	48
Figura 36 – Sala de aula do Colégio Estadual do Espírito Santo com todas lâmpadas apagadas.	48
Figura 37 – Sala de aula do Colégio Estadual do Espírito Santo com apenas uma lâmpada acesa.	49
Figura 38 – Gráficos de acionamentos.	50
Figura 39 – Finalização da montagem em sala de aula do Colégio Estadual do Espírito Santo.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre ESP32 e ESP8266.	23
Tabela 2 – Dados do sensor de corrente ACS712.	24
Tabela 3 – Comparação de alcance e velocidade entre os padrões Wi-Fi	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

HDMI	<i>High-Definition Multimedia Interface</i>
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
ID	<i>Identity</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Apresentação	13
1.2	Justificativa	14
1.3	Objetivos	15
1.4	Estrutura do Trabalho	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Internet das Coisas	17
2.2	Domótica	18
2.3	Dispositivos utilizados em projetos de IoT	19
2.3.1	<i>Hardwares IoT</i>	19
2.3.2	Sensores	23
2.3.3	Atuadores	25
2.4	Padronização de Comunicação	26
2.4.1	Wi-Fi - <i>Wireless Fidelity</i>	28
2.4.2	<i>Bluetooth</i>	29
2.4.3	ZigBee	29
2.5	Protocolos da Camada de Aplicação	30
2.5.1	HTTP - <i>Hypertext Transfer Protocol</i>	30
2.5.2	MQTT - <i>Message Queuing Telemetry Transport</i>	30
2.6	Trabalhos Relacionados	32
3	MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1	Escolha e características do local	33
3.1.1	Diagrama multifilar	34
3.2	Desenvolvimento	35
3.2.1	Escolha do microcontrolador e do sensor	35
3.2.2	<i>Web Server</i>	36
3.2.3	<i>ThingSpeak</i>	37
3.2.4	Interface com usuário	38
4	IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO DE AUTOMAÇÃO	43
4.1	Teste em bancada	44
4.2	Implementação na sala de aula	46
5	CONCLUSÃO E PROJETOS FUTUROS	51

REFERÊNCIAS	52
--------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Atualmente a internet está presente todos os dias na vida de milhões de pessoas. Para muitos, já não é mais possível imaginar viver sem acessar qualquer informação que se deseja, de qualquer lugar, através de um *smartphone*. Com a popularização da internet, as pessoas cada vez mais conectadas e a evolução tecnológica, surgiu a necessidade de conectar também objetos que já eram utilizados, a fim de tornar nossa vida mais prática. Nesse cenário, surge o conceito de IoT (*Internet of Things*) a dita Internet das Coisas quando traduzida a expressão para o português.

A Internet das Coisas permite conectar quase qualquer objeto à internet, e a interação contínua entre os dispositivos ditos *smart* geram dados o tempo inteiro que crescem a cada dia, já que cada vez mais surge mais adeptos da tecnologia. Essa hiper-conectividade, além de trazer muitas vezes comodidade aos usuários, traz também benefícios econômicos ao Estado e empresas, gerando economia de energia (MAGRANI, 2018).

A automação surgiu no contexto industrial e posteriormente expandiu-se para outros segmentos. Segundo Muratori e Bó (2011), a automação é um conjunto de serviços composto por sistemas tecnológicos que tem como objetivo satisfazer as necessidades de segurança, comunicação e gestão energética.

Com o emprego de sistemas de automação computadorizados ou mecânicos, nas indústrias, é possível diminuir custos com mão-de-obra, tornar processos mais eficientes e diminuir o consumo de energia, aumentando a produção. O emprego da domótica, isto é, a automação de uma residência, também traz diversos benefícios como segurança, funcionalidade, conveniência, além dos benefícios econômicos proporcionados pela melhor gestão do consumo de energia que é possível se ter em ambientes controlados.

Os avanços tecnológicos e a conectividade com a internet, juntamente com a busca por eficiência energética, faz com que sistemas automatizados possuam cada vez mais mercado. Sistemas que sejam capazes de identificar, por meio de sensores, onde ocorre desperdícios de energia elétrica e atuar de forma inteligente para evitá-los, vem ganhando cada vez mais espaço na sociedade.

Com a automação é possível coletar dados de consumo e uso de um ambiente, como por exemplo uma sala de aula e, ao analisar esses dados coletados de maneira correta, é possível traçar um perfil de uso desses ambientes, onde estão sendo aplicadas as automações e

proporcionar um uso mais eficiente da energia elétrica. Pode-se, por exemplo, com o uso de sensores, atuadores e controladores, desligar de maneira automática circuitos de iluminação e ar-condicionado de uma sala de aula que não estejam em uso momento.

Em lugares como escolas, que são frequentados por uma grande quantidade de pessoas, muitas vezes não há uma preocupação em desligar os aparelhos ao deixar um ambiente e, quando consideradas as várias salas de aula e demais ambientes, a economia que pode ser gerada ao ter um controle automático desse desligamento pode ser traduzida em uma economia real na fatura de energia elétrica.

Um sistema de automação de um ambiente, seja residencial, comercial, predial ou até mesmo de uma sala de aula, é capaz de proporcionar, não apenas eficiência energética e economizar recursos, mas também trazer conforto e segurança para os usuários. O planejamento de uma estrutura que permita a automação de uma sala de aula visa, não somente o conforto de alunos e professores, mas também a redução do custo da fatura de energia elétrica, através da economia que pode-se gerar ao não deixar além do necessário lâmpadas, aparelhos de ar-condicionado e outros dispositivos ligados sem que o ambiente esteja sendo utilizado.

A automação de um ambiente escolar, por exemplo, uma sala de aula, assemelha-se mais com as características relacionadas a domótica do que a automação industrial, portanto os conceitos de domótica serão os utilizados para o desenvolvimento deste trabalho, juntamente com os conceitos de Internet das Coisas.

A proposta desse projeto é realizar a automação dos circuitos de iluminação de uma sala de aula utilizando Internet das Coisas, sensores, atuadores e microcontroladores.

1.2 Justificativa

A principal justificativa é o fato de que o protótipo desenvolvido durante o projeto de graduação pôde ser aplicado realmente em uma escola como um projeto piloto do que será realizado durante o desenvolvimento do Projeto de Extensão “Projeto Consumo Sustentável de Energia em Ambientes Escolares: Iniciativas Femininas” da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) em parceria com Secretaria Estadual de Educação do Espírito Santo (SEDU) que irá implementar em algumas escolas estaduais um ambiente automatizado como forma de despertar o interesse principalmente de alunas do ensino básico para a área de tecnologia e ciências exatas.

Outra justificativa são os diversos benefícios proporcionados ao se automatizar um ambiente, tais como, segurança, comodidade e economia de energia. Esses benefícios poderiam fazer com que as pessoas que frequentam um ambiente escolar se sentissem melhor ao estarem no mesmo, o que contribuiria para uma maior qualidade de ensino.

1.3 Objetivos

Desenvolver e instalar um protótipo para a automação de um ambiente escolar utilizando os princípios de IoT e de domótica para o monitoramento de dispositivos elétricos visando a eficiência energética por meio do uso de microcontrolador, sensores e atuadores.

Objetivos Específicos:

- Desenvolver um código para o microcontrolador a ser utilizado para controlar remotamente dispositivos conectados a energia elétrica.
- Compartilhar o *status* dos dispositivos de maneira *on-line* através de uma página *web*.
- Utilizar protocolos para a comunicação entre os dispositivos, sensores e atuadores conectados ao microcontrolador.
- Desenvolver um protótipo que seja capaz de automatizar de maneira centralizada um ambiente escolar.
- Implementar a solução na sala de aula escolhida para desenvolver o projeto.

1.4 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está estruturado da seguinte maneira:

- **Referencial Teórico:** neste capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica com os conceitos que serão utilizados durante o desenvolvimento do projeto de graduação;
- **Materiais e Métodos:** neste capítulo são descritas como foram desenvolvidas as partes que compõem a solução.

- **Implementação do Projeto de Automação:** este capítulo visa documentar os resultados obtidos durante os testes realizados em um bancada e a implementação realizada em uma sala de aula do Colégio Estadual do Espírito Santo.
- **Conclusão e Projetos Futuros:** neste capítulo são apresentadas as conclusões obtidas a partir dos resultados e as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Internet das Coisas

O termo Internet das Coisas é uma tradução do inglês *Internet of Things* (IoT) que surgiu no ano de 1999. Esse termo foi criado pelo britânico Kevin Ashton, enquanto trabalhava com RFID (*Radio Frequency Identification* – identificação por radiofrequência), que desenvolveu um sistema de sensores conectando o mundo físico à internet (ASHTON et al., 2009).

Com o mundo cada vez mais conectado, surge a necessidade de conectar cada vez mais objetos do dia-a-dia à internet. Por exemplo, um relógio deixou de ser um acessório apenas para ver as horas e tornou-se inteligente e agora é chamado *smartwatch*, pois a partir de um relógio é possível monitorar dados de saúde, atividades físicas e até controlar os ambientes através da integração que alguns modelos possuem com as assistentes virtuais, como por exemplo a da empresa Amazon, a Alexa.

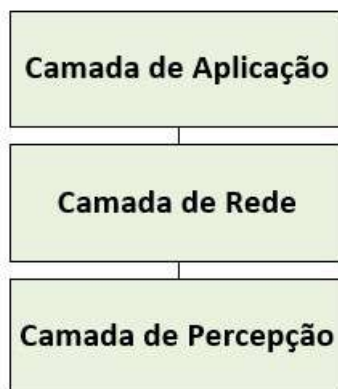
Segundo Zabadal e Castro (2017) a estrutura básica de um objeto *smart* possui os seguintes elementos: energia, sensores/atuadores, processamento, memória e comunicação.

Para que uma aplicação IoT possa existir, é necessário combinar fatores, tais como: dispositivos, redes de comunicação e sistemas de controle. Os dispositivos são itens como lâmpadas e *smart TV*. As redes de comunicação usam as tecnologias *Wi-Fi*, *ZigBee*, *bluetooth*. Um sistema de controle é necessário, para realizar os processamentos dos dados, enviados pelos dispositivos.

A arquitetura de 3 camadas (aplicação, rede e percepção), Figura 1, foi a padronizada pelo *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) e é atualmente a considerada para os dispositivos IoT (CHEBUDIE ABIY BIRU E MINERVA, 2014).

As tecnologias usadas nas transmissões de informações em Internet das Coisas serão detalhadas nas seções seguintes.

Figura 1 – Arquitetura de 3 camadas.



Fonte: Adaptado de Chebudie Abiy Biru e Minerva (2014).

2.2 Domótica

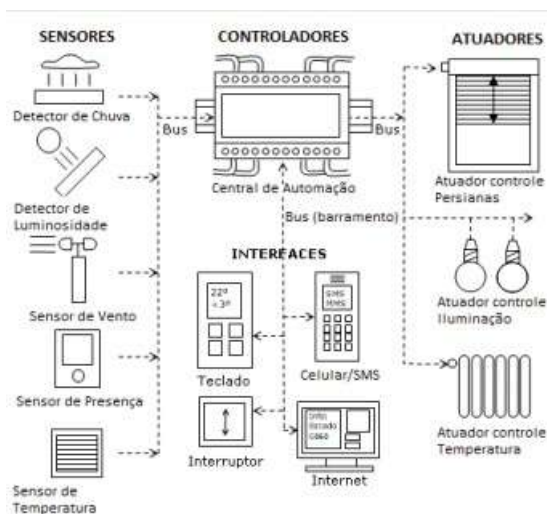
Domótica vem da junção da palavra “Domus” que significa casa com “Robótica” que está relacionado a realizar ações automáticas. Nesse contexto, Muratori e Bó (2011) definem domótica como “o conjunto de serviços proporcionados por sistemas tecnológicos integrados como o melhor meio de satisfazer as necessidades básicas de segurança, comunicação, gestão energética e conforto de uma habitação.”

Uma casa inteligente deve possuir integração entre os sistemas elétrico (iluminação e gestão de energia), segurança (alarmes, controle de acesso e detecção de vazamento de gás), multimídia (áudio e vídeo), comunicação (telefonía e internet) e utilidades (sistema de ar condicionado e aquecimento). Além disso, esses sistemas devem possuir a capacidade de executar funções e comandos mediante instruções programadas.

Basicamente uma casa automatizada deve conter alguns elementos, tais como: controladores, sensores, atuadores, barramento e interfaces. A Figura 2 é uma representação de como acontece a comunicação entre os dispositivos em uma automação residencial (ACCARDI; DODONOV, 2012).

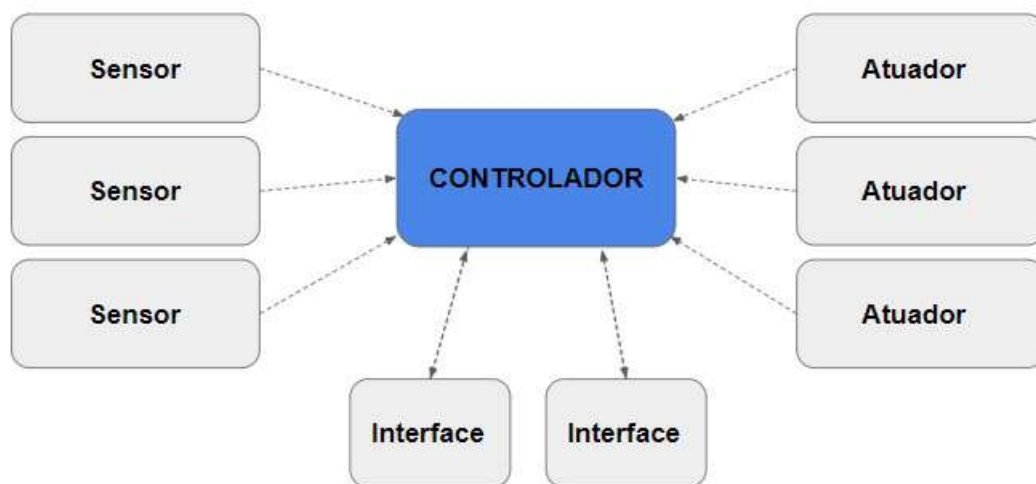
A arquitetura da automação residencial pode ser centralizada ou descentralizada. Na arquitetura descentralizada existem diversos controladores conectados através de barramentos, enquanto na centralizada não existe o barramento já que todos os dispositivos estão ligados a um único controlador que desempenha a função de receber e tratar as informações coletadas dos sensores e comandar os atuadores. Esta última será a utilizada neste projeto e está demonstrada na Figura 3 (ACCARDI; DODONOV, 2012).

Figura 2 – Comunicação dos elementos.



Fonte: Casadomo (2010).

Figura 3 – Arquitetura centralizada.



Fonte: Adaptado de Casadomo (2010).

2.3 Dispositivos utilizados em projetos de IoT

2.3.1 Hardwares IoT

Para controlar os dispositivos IoT é necessário utilizar placas (*hardwares*) controladoras, como por exemplo, a plataforma Arduino ou a *Raspberry*. Ambos são destinados a aplicações distintas, embora sejam utilizadas em soluções de Internet das Coisas, elas possuem características diferentes, sendo a primeira um microcontrolador e a última um micropro-

cessador. O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* livre e placa única, que possui um microcontrolador Atmel AVR com suporte de entrada/saída embutido e uma linguagem de programação padrão. Já a *Raspberry* é um computador completo que possui memória RAM, entrada de energia e barramentos de expansão, além disso, possui processadores, incluindo um processador gráfico, *slot* para cartão de memória, interface USB, HDMI e seus respectivos controladores.

O microcontrolador é formado por um circuito integrado (CI ou *chip*) que possui um microprocessador dedicado para realizar uma função específica e periféricos tais como: comparadores, conversores, memórias, entre outros. O fato de possuir vários periféricos em um única arquitetura faz com que seu poder de processamento seja menor que o do microprocessador. Outro exemplo de microcontrolador é o ESP32.

O microprocessador é um circuito integrado com capacidade de realizar cálculos computacionais. Ao contrário dos microcontroladores, os microprocessadores não possuem periféricos e para o seu funcionamento é necessário integrá-los com interface de comunicação e memórias, como acontece no caso da placa *Raspberry*.

Portanto, uma diferença entre microcontrolador e microprocessador está na capacidade de processamento, que é mais limitada no microcontrolador, já que este é um *chip* com muitos periféricos.

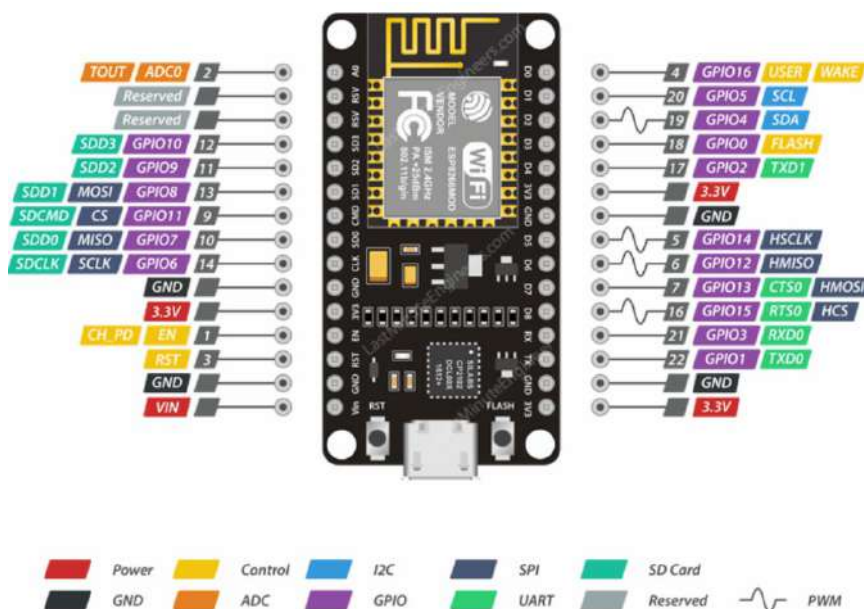
A diferença entre o ESP32 e a *Raspberry* se encontra no fato de o ESP32 ser um microcontrolador enquanto a *Raspberry* é um microprocessador. Ambos os dispositivos são utilizados em soluções para automações e IoT. Os microcontroladores são utilizados em solução de *hardware* onde não é necessário sistema operacional e a *Raspberry* é utilizada em desenvolvimento de *software* já que a placa é um computador completo que suporta sistemas operacionais baseados em GNU/Linux e Windows 10.

• Microcontroladores ESP8266 e ESP32

O ESP8266 e o ESP32 são microcontroladores criados pela empresa *Espressif Systems*. São placas utilizadas em desenvolvimento de projetos IoT que combinam o chip ESP8266 (ESP12-E) ou ESP32 e vem integrada com conversor USB serial, porta micro-USB para programação e alimentação. Ambos possuem módulos de comunicação Wi-Fi e *Bluetooth* (disponível apenas o ESP32) nativas à placa. Tal característica facilita as implementações que necessitam de conexão tanto a distâncias curtas ou à internet.

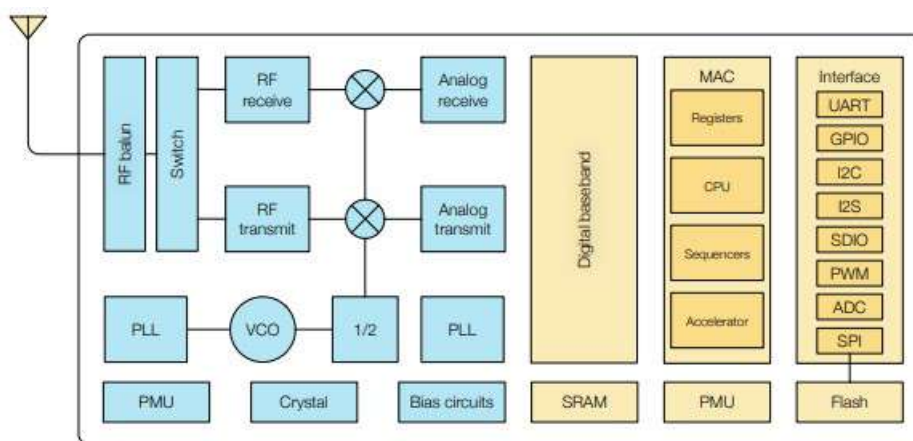
As Figuras 4 e 5 apresentam a pinagem e o diagrama de blocos do Node MCU ESP8266, respectivamente, enquanto as Figuras 6 e 7 apresentam a pinagem e diagrama de blocos do DoIt ESP32-WROOM DevKit V1, respectivamente.

Figura 4 – Node MCU ESP8266.



Fonte: <http://circuits4you.com>

Figura 5 – Diagrama de blocos ESP8266.



Fonte: Espressif-Systems (2020).

Ambos os microcontroladores são versáteis e podem ser programados em diferentes plataformas e linguagens como Lua, JavaScript, MicroPython e C++ através da IDE (*Integrated Development Environment*- Ambiente de Desenvolvimento Integrado) do Arduino.

As especificações técnicas do ESP32 DevKit V1 e do Node MCU ESP8266 estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1 – Comparação entre ESP32 e ESP8266.

Descrição	ESP32	ESP8266
Alimentação	2,2V a 3,3 V DC	2,2V a 3,3 V DC
Entrada Regulada (Vin)	5 a 9 V	5 a 9 V
Processador	Xtensa Dual-Core 32-bit LX6 600 DMIPS	Xtensa single 32-bit l106
Frequência de operação	80MHz 240MHz	80MHz 160MHz
Memória Flash	4MB	4MB
Memória ROM/EEPROM	448KB	64KB
Memória RAM/SRAM	520KB	36Kb
Pinos de I/O	34 pinos com 16 PWM	13 pinos com 9 PWM
Conversores ADC	16 ADC com 12-bit de resolução	1 ADC com 10-bit de resolução
Conversores DAC	2 DAC com 8-bit de resolução	Não
Wi-Fi	2.4GHz 802.11 b/g/n	2.4GHz 802.11 b/g/n
Bluetooth	BLE (Bluetooth Low Energy v4.2)	Não
Sensor capacitivo	Sim	Não
Sensor temperatura	Sim	Não
Temperatura de trabalho	-40°C a 125°C	-40°C a 125°C

Fonte: Adaptado de xprojetos.net/arduino-esp32-e-esp8266-comparacao/

o ESP32 possui 16 portas ADC, com resolução de 12 *bits* que convertem grandezas analógicas em digitais e podem receber níveis de tensão de 0 a 3,3V, isto é, na escala digital 0 a 4095 ($2^N - 1$), onde N é o número de *bits* do conversor, ou seja, a resolução (ESPRESSIF-SYSTEMS, 2021).

2.3.2 Sensores

- **Sensor de corrente:**

O sensor de corrente ACS712 representado nas Figuras 8a e 8b tem seu princípio de funcionamento baseado no efeito *Hall*. Segundo Thomazini e Albuquerque (2020), “o efeito Hall caracteriza-se basicamente pelo aparecimento de um campo elétrico transversal em condutor percorrido por uma corrente elétrica, quando ele se encontra mergulhado em um campo magnético”.

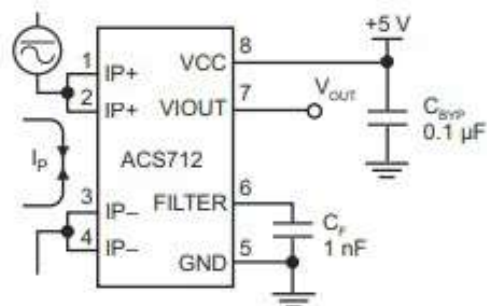
O módulo ACS721 possui a capacidade de medir corrente AC ou DC de acordo com o modelo utilizado e a escolha vai depender da corrente máxima que se deseja medir.

Figura 8 – Sensor de corrente.

(a) Sensor de corrente ACS712.



(b) Circuito do sensor de corrente ACS712.



Fonte: Microsystems (2007).

De acordo com a Tabela 2 composta por informações extraídas do *datasheet*, existem 3 modelos com diferentes sensibilidades e limites de medição de 5, 20 ou 30A.

Tabela 2 – Dados do sensor de corrente ACS712.

Modelo	Corrente DC (A)	Corrente AC (A)	Sensibilidade (mV/A)
ACS712ECTR-05B-T	± 5	$\pm 3,54$	185
ACS712ECTR-20A-T	± 20	$\pm 14,14$	100
ACS712ECTR-30A-T	± 30	$\pm 21,21$	66

Fonte: Adaptado de Microsystems (2007).

O funcionamento do sensor ACS712, Figura 8b, é baseado no efeito *Hall* que acontece quando a corrente flui pelo caminho de cobre, isto é, pelos pinos 1 e 2 para os pinos 3 e 4, gerando um campo magnético induzindo uma tensão no pino 7 que é proporcional ao campo. Para que possa ser utilizado em circuitos sem que haja necessidade de isolamento externo, os terminais do condutor de cobre (pinos 1, 2, 3 e 4) possuem isolamento elétrico dos condutores do sensor que são os pinos 5, 6, 7 e 8 (MICROSYSTEMS, 2007).

- **Sensor de tensão:**

O sensor de tensão AC ZMPT101B é capaz de detectar a tensão alternada (AC) até um máximo de 250V no circuito no qual estiver conectado. Seu princípio de funcionamento é baseado no efeito da relação de transformação e no princípio de uso de transformadores de tensão. Além disso, com este sensor é possível medir o valor da tensão AC com uma boa precisão, pois possui em seu módulo um potenciômetro incluso para efetuar a calibração

da forma de onda de saída. O módulo pode ser alimentado com tensão contínua de 5 a 30 V, o que permite que seja acionado pelo pino de saída dos microcontroladores que fornecem geralmente 5 V ou 3,3 V.

O módulo sensor de tensão, como mostra a Figura 9, é muito utilizado em situações onde se deseja saber se um aparelho a ele conectado está ou não energizado.

Figura 9 – Módulo sensor de tensão



Fonte: FilipeFlop (2019).

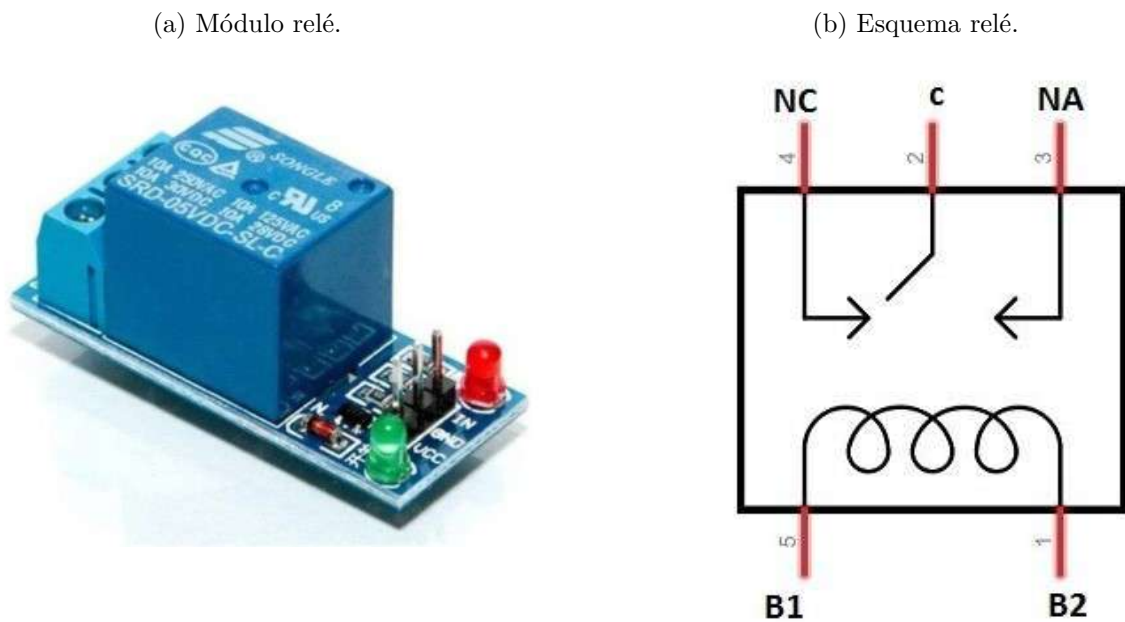
2.3.3 Atuadores

- **Relé:**

O relé é um interruptor eletromecânico utilizado para acionar cargas elétricas. O módulo apresentado na Figura 10a suporta tensão e corrente máximas iguais a 125V e 10A, respectivamente. Este dispositivo funciona como uma chave e o princípio de funcionamento eletromagnético é o seguinte: Quando alimentada por uma corrente elétrica, a bobina interna (B1 e B2) cria um campo magnético; O contato NA (Normalmente Aberto) é fechado e flui corrente entre o contato NA e Comum (C); O contato Normalmente Fechado (NC) é aberto impedindo a passagem de corrente entre NC e C; A indução magnética é extinta fazendo com que os contatos NA e NC voltem para os estados naturais quando a corrente na bobina é interrompida.

Como a corrente fornecida por um pino digital dos microcontroladores é baixa, não é possível acionar um relé, portanto é preciso utilizar um módulo relé como o da Figura 10a. Tais módulos possuem um transistor, um diodo e um resistor que são responsáveis pela amplificação da corrente.

Figura 10 – Relé.



Fonte: AreaTecnologia (2021).

2.4 Padronização de Comunicação

A ISO (*International Organization for Standardization* - Organização Internacional de Normalização) definiu o modelo de referência OSI (*Open System Interconnection* - Sistemas Abertos de Interconexão) que é um padrão de protocolos de rede. O modelo OSI é conceitual e agrupa os protocolos em 7 camadas de rede (ALBINI, 2015).

Assim como a arquitetura de referência OSI, a arquitetura protocolar TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol* - Protocolo de Controle de Transmissão/Protocolo da Internet) também está organizada em camadas. O TCP/IP é o principal conjunto de protocolos de envio e recebimento de dados na internet e é dividido em 4 camadas. A Figura 11 mostra as 7 camadas do modelo OSI e as 4 camadas do TCP/IP (ALBINI, 2015).

A função de cada camada é descrita a seguir:

- **Camada 1 (física) OSI - Camada 1 (rede) TCP/IP:** é onde a transmissão pelo meio de comunicação acontece. Ela é responsável pela transmissão de fluxo bruto de *bits* no meio físico.
- **Camada 2 (enlace) OSI - Camada 1 (rede) TCP/IP:** esta camada prepara os

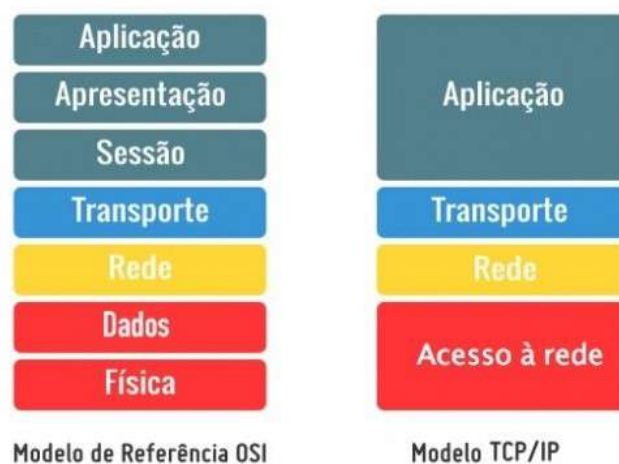
pacotes provenientes da camada de rede para que possam ser enviados por diferentes meios físicos, ou seja, define o formato dos dados na rede. Na camada de enlace o endereço físico (MAC *Address - Media Access Control* - controle de acesso ao meio) já é entendido e na próxima etapa do processo quando o dado é enviado à camada de rede pela camada de enlace, o MAC se converte em IP.

- **Camada 3 (rede) OSI - Camada 2 (internet) TCP/IP:** nesta camada o endereço físico é processado e convertido em endereço lógico (IP) para identificar cada dispositivo de maneira única dentro das diversas redes que existem. Nesta camada ocorre também o roteamento para decidir qual o melhor caminho para os dados no processo de interconexão e no estabelecimento de rotas.
- **Camada 4 (transporte) OSI - Camada 3 (transporte) TCP/IP:** responsável pela qualidade na entrega/recebimento dos dados, esta é a camada que gerencia o transporte de dados de maneira confiável através, por exemplo, de serviços como QoS (*Quality of Service*). Os pacotes que chegam da camada de rede já possuem remetentes e destinatários e a camada de transporte faz o encaminhamento. Dessa forma, o processo acontece usando protocolos de transporte o TCP e UDP (*User Datagram Protocol*).
- **Camada 5 (sessão) OSI - Camada 4 (aplicação) TCP/IP:** acontece o início do processo de troca de dados/comunicação. Nesta camada ocorre o início, o gerenciamento e o término das conexões entre *hosts*/equipamentos/máquinas e ela ainda é responsável pela sincronização para que a sessão aberta mantenha-se em funcionamento.
- **Camada 6 (apresentação) OSI - Camada 4 (aplicação) TCP/IP:** é responsável por fazer com que redes diferentes, como por exemplo TCP/IP e IPX/SPX, consigam se comunicar pela formatação dos dados, portanto essa camada traduz os dados durante o processo de comunicação. Trabalha como *gateway*, que são conversores de protocolos que podem operar em qualquer camada de rede.
- **Camada 7 (aplicação) OSI - Camada 4 (aplicação) TCP/IP:** é a mais próxima do usuário, já que a interação entre a camada de aplicação e os usuários é através de *softwares*, por exemplo, como os navegadores de internet. Possui a função de dar aos aplicativos utilizados pelos usuários o acesso à rede.

Protocolos de IP atuam na camada 3 (rede) do modelo OSI. O IP é um endereço virtual único que é dado a cada impressora, celular ou outro dispositivo conectado a uma rede que utiliza o protocolo de internet para a comunicação (FOROUZAN, 2009).

Os protocolos de transporte são dois: o TCP e o UDP (*User Datagram Protocol*). O protocolo TCP é orientado à conexão, enquanto o UDP é orientado à datagramas (FOROUZAN, 2009).

Figura 11 – Modelos OSI e TCP/IP



Fonte: <https://pplware.sapo.pt/tutoriais/networking/redes-a-arquitetura-tcp-ip/>

2.4.1 Wi-Fi - *Wireless Fidelity*

A tecnologia Wi-Fi é muito popular e surgiu como uma alternativa ao sistema cabeado Ethernet. O Wi-Fi é um protocolo de comunicação baseado no padrão IEEE 802.11 como definido pela Wi-Fi *Alliance* que se caracteriza por seguir um padrão de comunicação sem fio que utiliza tecnologia de rádio de curto alcance e alta velocidade (EDNEY; ARBAUGH; ARBAUGH, 2004).

O Wi-Fi opera nas faixas de frequência de 2,4GHz e 5GHz, pois as mesmas não necessitam de licença de operação. Quando o sinal está na faixa de 2,4GHz, a capacidade de carregar dados de uma única vez é menor, porém o sinal é mais eficiente em transpor barreiras físicas, além de possuir maior alcance. Já o sinal na frequência de 5 GHz possui maior velocidade, bem como mais canais de transmissão que não se sobrepõem, o que reduz a interferência, no entanto, o sinal tem menor capacidade de ultrapassar barreiras e seu alcance também é menor. Tais diferenças de velocidade e alcance encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação de alcance e velocidade entre os padrões Wi-Fi

Padrão	Frequência (GHz)	Distância Teórica (m)	Velocidade Teórica (Mbps)
802.11a	5	119	6 a 54
802.11b	2,4	140	11
802.11g	2,4	11	54
802.11n	2,4	250	300
802.11n	5	140	900
802.11ac	5	250	433 a 1700

Fonte: Adaptado de

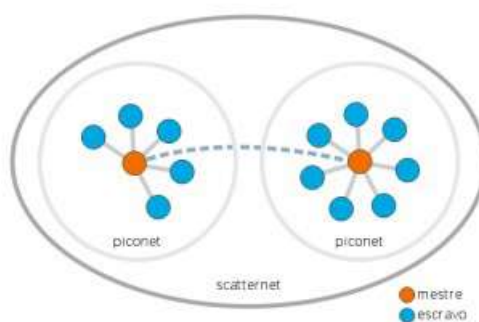
<https://www.oficinadanet.com.br/internet/32268-wi-fi-2-4-ou-5ghz-qual-diferencas-e-qual-devo-usar>

2.4.2 Bluetooth

O Bluetooth é um protocolo de comunicação baseado no padrão IEEE 802.15.1, que caracteriza-se por um padrão de comunicação sem fio que utiliza tecnologia de rádio e possui curto alcance, baixo custo e baixo consumo de energia (SIQUEIRA, 2006).

O *Bluetooth Wireless Personal Area Network* (BT-WPAN), como mostrado na Figura 12, é constituído de *piconets*, onde cada *piconet* é formado por um conjunto de no máximo oito dispositivos *Bluetooth*, onde um dispositivo é designado como mestre e os demais como escravos. Para que duas *piconets* possam formar um *scatternet* é necessário que as mesmas se conectem através de um dispositivo comum a elas, tal como: um *gateway*, um *bridge* ou um dispositivo mestre (SIQUEIRA, 2006).

Figura 12 – Comunicação bluetooth



Fonte: Siqueira (2006).

2.4.3 ZigBee

ZigBee é um protocolo de comunicação *wireless* desenvolvido pela ZigBee Alliance para utilização em residências inteligentes e IoT baseado no padrão IEEE 802.15.4 que caracteriza-se

por utilizar a topologia de rede em malha, ter baixa largura de banda e baixo consumo de energia. Opera em três bandas diferentes de frequência a depender da localidade; no Brasil usualmente é na faixa de 2,4GHz, enquanto na Europa é na faixa 868MHz e nos Estados Unidos é na faixa de 915MHz (COSTA; MENDES, 2006).

2.5 Protocolos da Camada de Aplicação

2.5.1 HTTP - *Hypertext Transfer Protocol*

O HTTP (Protocolo de Transferência de Hipertexto) é um protocolo amplamente utilizado na *web* onde servidor e navegadores se comunicam e que utiliza a pilha TCP/IP como meio físico.

O HTTP é um protocolo cliente/servidor no qual a troca de mensagens ocorre por meio de requisições e respostas. A comunicação é iniciada a partir do cliente que realiza a requisição e aguarda a resposta do servidor. As mensagens são compostas por: cabeçalho, que possui informações como versão do protocolo; método, onde os mais utilizados são *GET*, *POST* e *DELETE*; tipo de dado e o corpo da mensagem (CONCEIÇÃO; COSTA, 2019).

Na primeira versão do protocolo, para cada troca de mensagem uma conexão era aberta e na sequência encerrada e, a partir da versão 1.1 (atualmente está na versão 2) foi possível passar a enviar a requisição e receber a resposta mais de uma vez até encerrar a conexão de maneira planejada ou por exceção de tempo da conexão em inatividade.

2.5.2 MQTT - *Message Queuing Telemetry Transport*

O MQTT (Transporte de Filas de Mensagem de Telemetria) é um protocolo de comunicação que utiliza a pilha TCP/IP como meio físico. Desenvolvido no final do século XX pela IBM, o protocolo MQTT só foi reconhecido oficialmente como um protocolo padrão OASIS (*Organization for the Advancement of Structured Information Standards* - Organização para o Avanço de Padrões em Informação Estruturada) no ano de 2014 (MARTINS; ZEM, 2015).

A arquitetura MQTT é do tipo *publish/subscribers*, onde a publicação e o recebimento de dados são realizados através de um servidor que é chamado *broker*. O *broker* recebe todas as mensagens, realiza o filtro e envia para o destino. Outra função dele é a autenticação e

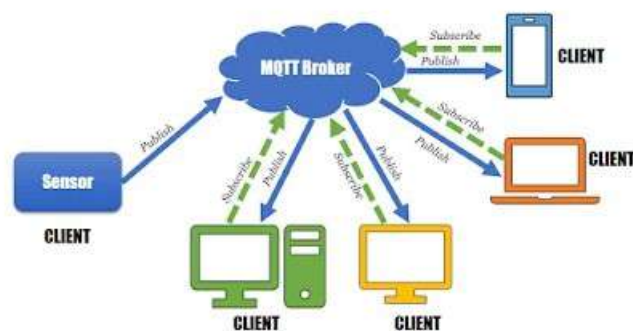
autorização a clientes para enviar e/ou receber as mensagens (CONCEIÇÃO; COSTA, 2019).

O cliente, quando no papel de *publisher*, escreve um tópico no destino da mensagem e o seu conteúdo, chamado *payload*, é transmitido ao *broker*, sendo este o responsável por gerir e encaminhar ao *subscriber* inscrito em um tópico. De maneira análoga, quando o cliente se torna o *subscriber* em um tópico, é enviada uma mensagem de solicitação ao *broker*, que faz a interligação entre *client* e tópico. A seguir são listados e definidos os itens que compõem o MQTT:

- *Publisher*: emissor que realiza o envio de dados para um tópico;
- *Subscriber*: receptor que recebe os dados de um tópico do qual é assinante;
- *Broker*: realiza o intermédio entre o *publisher* e *Subscriber*;
- *Payload*: conteúdo da mensagem enviada;
- *Client*: interage com *broker* para envio e/ou recebimento das mensagens;
- Mensagem: pacote de dados trocados entre *client* e *broker*;
- Tópico: endereço para onde são enviados os dados.

A Figura 13 mostra como um *broker* MQTT se relaciona com seus *clients*.

Figura 13 – Diagrama esquemático de comunicação MQTT



Fonte: embeddedlaboratory.blogspot.com/2018/01/getting-started-with-mqtt-using-python.html.

2.6 Trabalhos Relacionados

Por proporem a utilização de tecnologias para automatizar uma sala de aula, os seguintes trabalhos se destacam por ter características que se assemelham à proposta deste projeto de graduação.

No trabalho de Bruno et al. (2019), intitulado “Automação de uma Sala de Aula: Um Projeto de Baixo Custo”, os autores desenvolveram um protótipo utilizando os conceitos de internet das coisas, microcontroladores, sensores e atuadores e uma *Raspberry Pi 3*. O protótipo desenvolvido armazena em um banco de dados os dados de consumo de energia elétrica de um ar-condicionado com o objetivo de conhecer os padrões de consumo da escola e assim promover reduções no consumo de energia elétrica.

O trabalho de Barros, Lôbo e Silva (2006), intitulado “Um sistema de monitoramento e controle elétricos em uma sala de aulas de instituições de ensino superior”, teve como objetivo o desenvolvimento de um protótipo capaz de realizar o controle do sistema de iluminação, ventiladores e equipamentos como o *data show*. Para chegar aos objetivos, os autores utilizaram sensor de presença infravermelho, sensor de luminosidade e o microcontrolador ATmega328 presente na placa Arduíno UNO.

O protótipo desenvolvido durante este projeto de graduação possui vantagens em relação aos citados acima, tais como: utilização de sensores que permitem saber o estado em que se encontra um equipamento conectado à energia elétrica; utilização de um microcontrolador com conectividade Wi-Fi nativa à placa que facilita a disponibilização dos dados *on-line*; e acesso remoto que permite o controle de maneira remota para dar comandos aos equipamentos ou ainda monitorá-los, quesito no qual este trabalho apresenta diversas vantagens quando comparado ao de Barros, Lôbo e Silva (2006).

Quanto ao trabalho desenvolvido por Bruno et al. (2019) a vantagem encontra-se no fato de todo o processamento ser realizado pelo microcontrolador, o que elimina o uso da *Raspberry Pi*, além de ter um armazenamento em nuvem ao invés de um armazenamento local dos dados.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Escolha e características do local

O local escolhido para implementar este projeto de graduação foi uma sala de aula do Colégio Estadual do Espírito Santo que fica localizado em Vitória. O motivo da escolha da escola deve-se ao fato desta ser uma das escolas participantes do projeto de extensão "Consumo sustentável de energia em ambientes escolares: iniciativas femininas".

Para a escolha da sala de aula levou-se em conta a proximidade da localização da mesma com relação ao ponto onde encontra-se o roteador Wi-Fi. Esse critério foi adotado para que fosse possível garantir uma melhor qualidade do sinal que chega ao microcontrolador.

A sala de aula escolhida, mostrada na Figura 14, possui 4 conjuntos de lâmpadas que são acionadas por 4 interruptores e 6 ventiladores de teto que são acionados dois a dois, de acordo com o posicionamento deles no ambiente. Assim, os 6 ventiladores são controlados por 3 interruptores, que não permitem o ajuste de velocidade sendo assim, ao ligá-los, os mesmos ficam sempre na velocidade máxima, como pode ser visto na Figura 15.

Figura 14 – Sala de aula do Colégio Estadual do Espírito Santo escolhida para implementação do projeto.



Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 15 – Conjunto de interruptores da sala de aula do Colégio Estadual do Espírito Santo.

(a) Interruptores.



(b) Ligação do interruptor das lâmpadas.



(c) Ligação do interruptor dos ventiladores.



Fonte: Produção do próprio autor.

3.1.1 Diagrama multifilar

O quadro geral de distribuição, que fica localizado no corredor, é de onde saem os 2 circuitos monofásicos com tensão de 127 V, fase-neutro para alimentação da sala de aula, sendo um circuito para iluminação e o outro para os ventiladores e tomadas sendo que esse último circuito é compartilhado com outras salas de aula.

Os diagramas multifilares dos circuitos de iluminação e ventilação encontram-se nas Figuras 16 e 17. Os circuitos de iluminação eram com interruptores simples (representados de I1 a I4) e lâmpadas representadas de L1 a L4 como mostra a Figura 16a. Para realizar a automação, foi necessário substituir por interruptores *three way* para que fosse possível ligá-los em paralelo com os relés (representados de R1 a R4), como mostra a Figura 16b.

Figura 16 – Diagrama multifilar circuito de iluminação

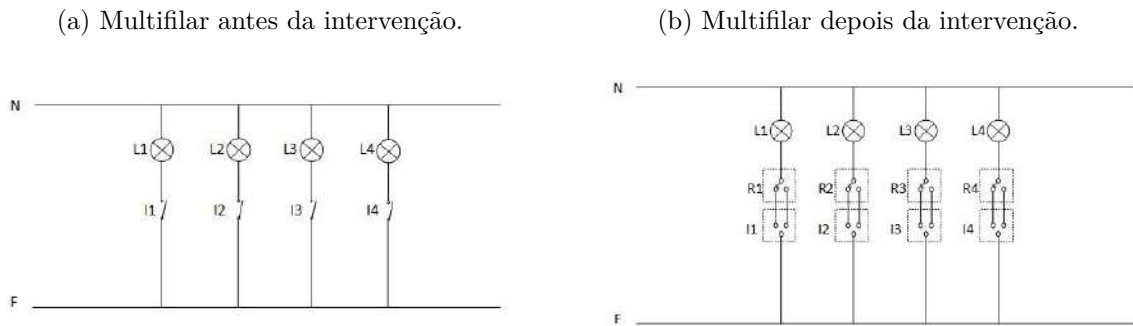
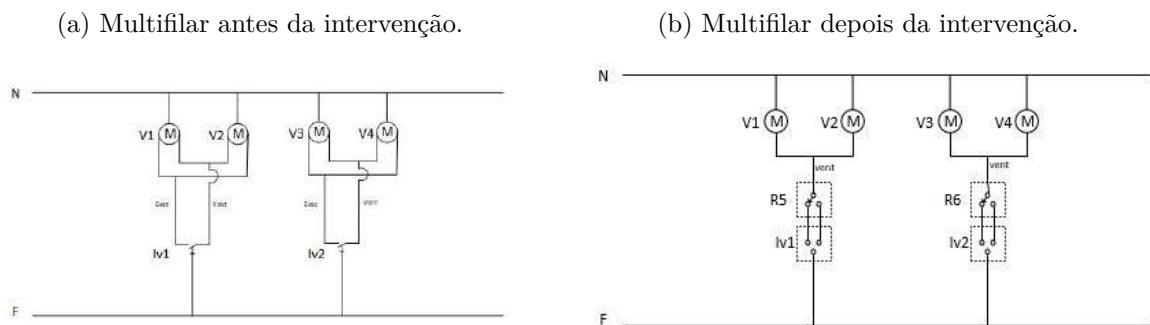


Figura 17 – Diagrama multifilar circuito de ventilação



Fonte: Produção do próprio autor.

3.2 Desenvolvimento

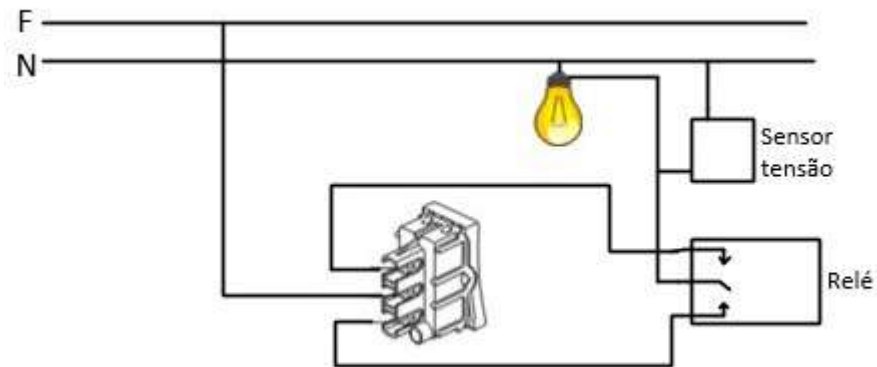
3.2.1 Escolha do microcontrolador e do sensor

O microcontrolador utilizado foi o ESP32 devido ao custo benefício e à aplicação, pois quando comparado ao ESP8266 possui diversas vantagens como as mostradas na Tabela 1. Dentre essas vantagens, a principal é o fato do ESP32 possuir mais portas de entradas analógicas que são necessárias para a conexão com os sensores.

A programação da placa para o desenvolvimento desse projeto foi realizada na IDE do Arduíno onde a programação é baseada na linguagem de programação C/C++ com comunicação via cabo micro-USB conectado diretamente a uma porta USB do computador.

O sensor utilizado foi o de tensão, que foi utilizado apenas para definir o estado das lâmpadas ou dos ventiladores, pois estes estão ligados a interruptores *three-way* para que não se perca o controle local dos equipamentos. Como mostra a Figura 18, o sensor ZMPT101b é utilizado em paralelo com o comum do módulo relé e o neutro do circuito.

Figura 18 – Ligação do sensor de tensão.



Fonte: Produção do próprio autor.

3.2.2 Web Server

Um *web server* ou em português servidor web, é um *hardware* que armazena, processa e entrega páginas da web para clientes web. Os clientes web são navegadores web presentes nos computadores, *smartphones*, tablets.

O protocolo de comunicação utilizado no servidor web é o HTTP. O cliente inicia a comunicação ao fazer uma solicitação para uma página web específica usando o HTTP e o servidor responde à solicitação com o conteúdo da página web solicitada, que geralmente é um documento *HyperText Markup Language* (HTML), ou caso ocorra algum problema durante a comunicação é retornado o erro 404.

Figura 19 – Arquitetura de conexão.



Fonte: (TEIXEIRA, 2019)

Na Figura 19, é mostrado o modo de operação chamado *Station Mode* (STA) em que o microcontrolador funciona como um cliente *wireless*. Nesse modo de operação, o microcontrolador se conecta à uma rede Wi-Fi de um roteador existente e obtém um endereço

IP, então é configurado um *Web Server* no ESP32 que entrega páginas web para todos os dispositivos conectados na mesma rede Wi-Fi (TEIXEIRA, 2019).

3.2.3 *ThingSpeak*

O *ThingSpeak* é uma plataforma utilizada no desenvolvimento de projetos IoT da *MathWorks*. O *ThingSpeak* permite agregar, visualizar e analisar fluxos de dados na nuvem em tempo real, pois fornece visualizações instantâneas dos dados postados pelos dispositivos na plataforma (THINGSPEAK, 2022).

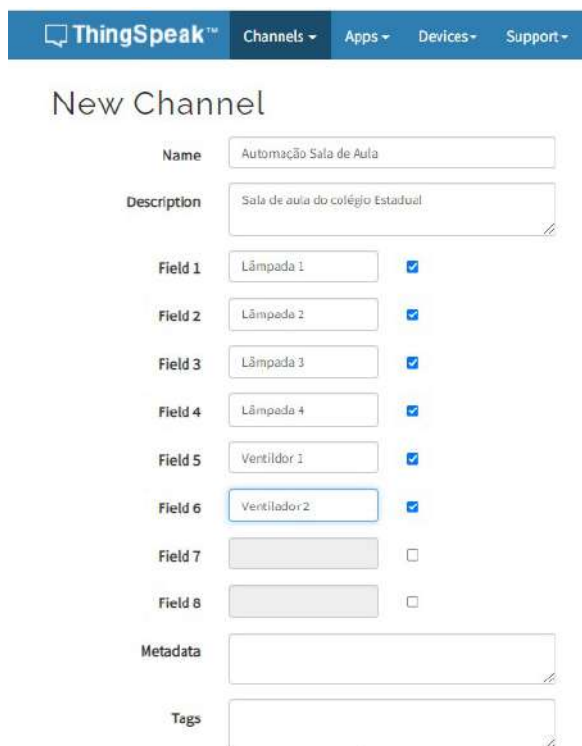
Para usar a plataforma é necessário criar uma conta na *MathWorks* e então criar um canal no *ThingSpeak*, o canal é quem receberá todos os envios e requisições realizadas.

A criação do canal é mostrada na Figura 20 e as configurações dos campos são mostradas na Figura 21. O canal foi configurado com seis campos, sendo quatro para lâmpadas e dois para ventiladores.

Na criação do canal é obtido um número de identificação que é o ID do canal e chaves de leitura e escrita que são necessárias para ler e escrever em campos do canal como mostrado na Figura 21b.

A versão gratuita da plataforma possui algumas limitações, tais como um número máximo de 4 canais por usuário e 8 campos para cada canal. Além disso, o limite de tempo entre as publicações que podem ser feitas para atualizar um campo, seja de leitura ou de escrita, é de no mínimo 15 segundos.

Para acionar um atuador, como um relé, é preciso realizar uma atualização do canal do *ThingSpeak* para 0 (desligado) ou 1 (ligado). Para isso, é necessário digitar uma URL específica no *browser*, composta pela chave de escrita, ID do canal, número do campo associado ao atuador que deseja, além do valor de 0 ou 1 ao final da URL. O esquema para acionar um atuador é apresentado na Figura 22. Para a leitura dos valores do canal, o microcontrolador é programado para enviar requisições ao servidor do *ThingSpeak* para atualizar esses valores.

Figura 20 – Criação de canal no *ThingSpeak*.

The screenshot shows the 'New Channel' page on the ThingSpeak website. At the top, there is a navigation bar with the ThingSpeak logo and links for Channels, Apps, Devices, and Support. The main heading is 'New Channel'. Below this, there are several input fields:

- Name:** Automação Sala de Aula
- Description:** Sala de aula do colégio Estadual
- Field 1:** Lâmpada 1 (checked)
- Field 2:** Lâmpada 2 (checked)
- Field 3:** Lâmpada 3 (checked)
- Field 4:** Lâmpada 4 (checked)
- Field 5:** Ventilador 1 (checked)
- Field 6:** Ventilador 2 (checked)
- Field 7:** (empty, unchecked)
- Field 8:** (empty, unchecked)
- Metadata:** (empty)
- Tags:** (empty)

Fonte: Produção do próprio autor.

3.2.4 Interface com usuário

Para facilitar a interface com o usuário optou-se por desenvolver um aplicativo para Android capaz de realizar os acionamentos. O aplicativo foi desenvolvido através do *App Inventor*, que é um software web desenvolvido pela universidade americana *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), que permite desenvolver aplicativos Android de forma visual e rápida usando programação em blocos.

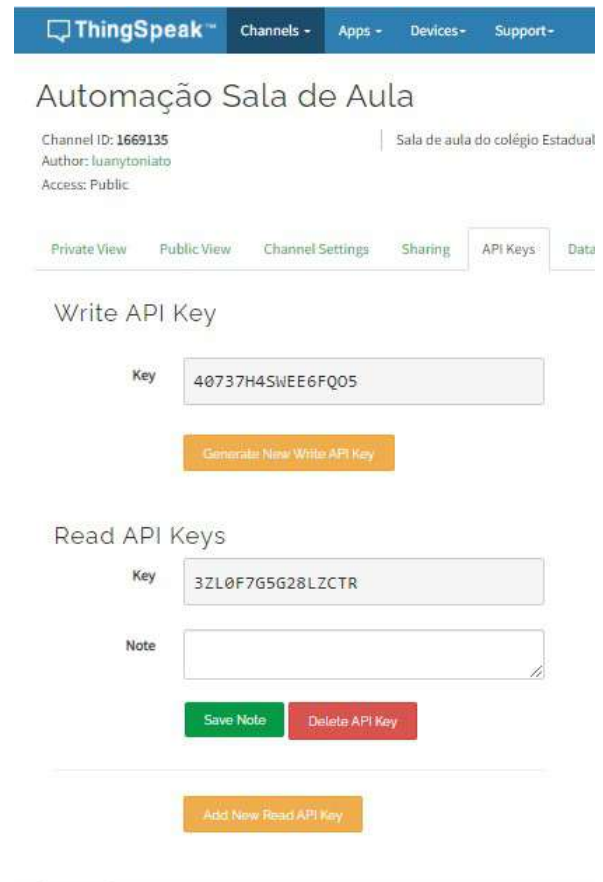
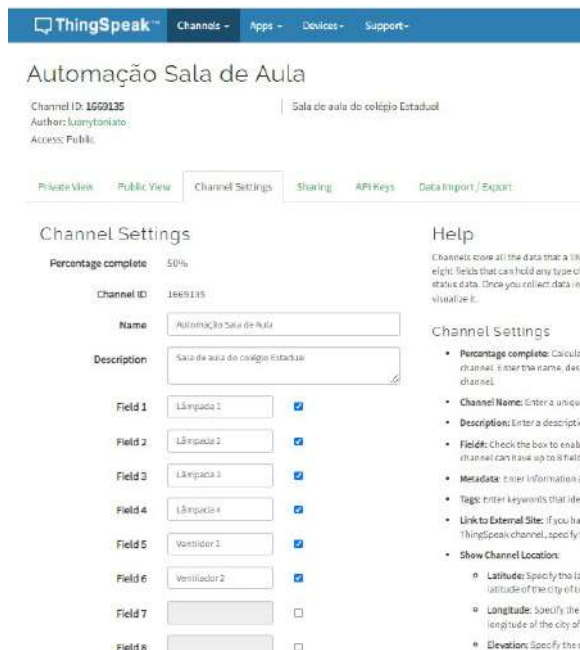
O aplicativo para ser utilizado com o *ThingSpeak* funciona da seguinte forma: o aplicativo envia a requisição ao *ThingSpeak* para atualizar o valor de um campo para 0 (desliga) ou 1 (liga), como se estivesse atualizando a URL via *browser*. O esquema para acionar um atuador via aplicativo é apresentado na Figura 23. Na Figura 24 é mostrada a tela do aplicativo criado e na Figura 25 é exibido um trecho do código implementado.

Para solução utilizando *web sever* tem-se, foi feito uma página HTML como mostra a Figura 26, além do aplicativo semelhante ao utilizado com o *ThingSpeak*, como nas Figuras 27 e 28. Para acessar a página HTML é necessário digitar no navegador o endereço IP atribuído ao microcontrolador, quando conectado na mesma rede Wi-Fi que o módulo.

Figura 21 – Configuração do canal no *ThingSpeak*

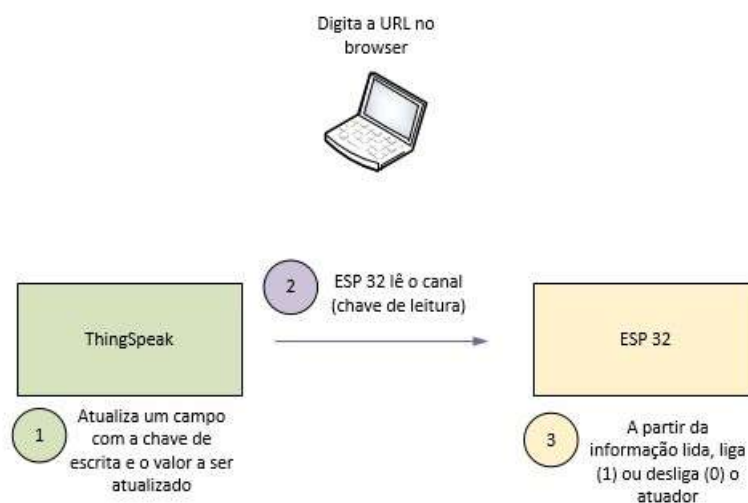
(a) Dados do canal.

(b) Chaves de leitura e escrita.



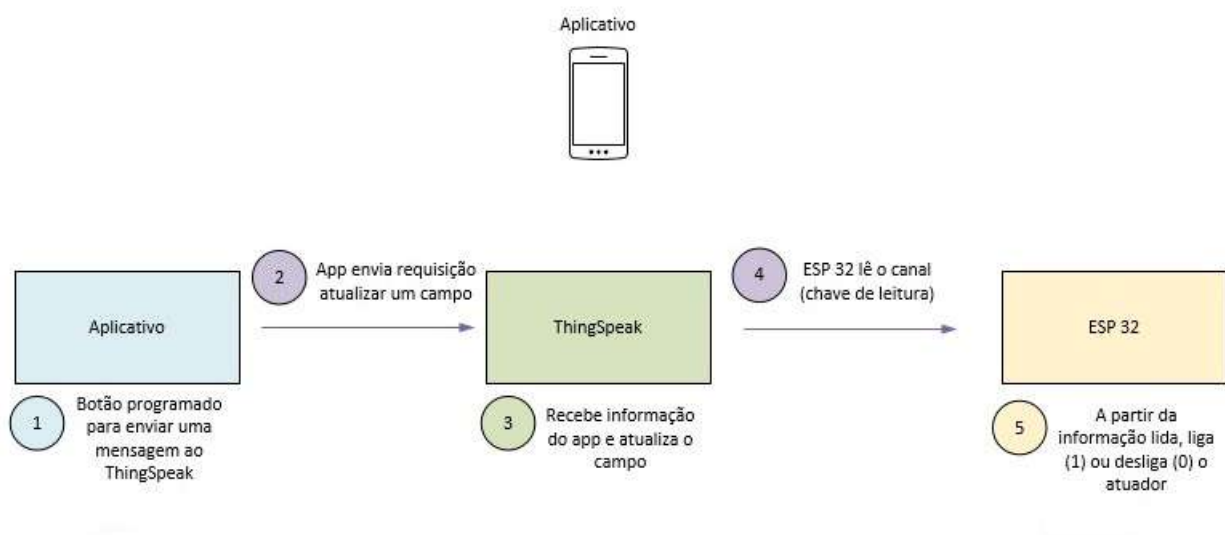
Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 22 – Esquema para acionar um atuador.



Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 23 – Esquema para acionar um atuador via aplicativo.



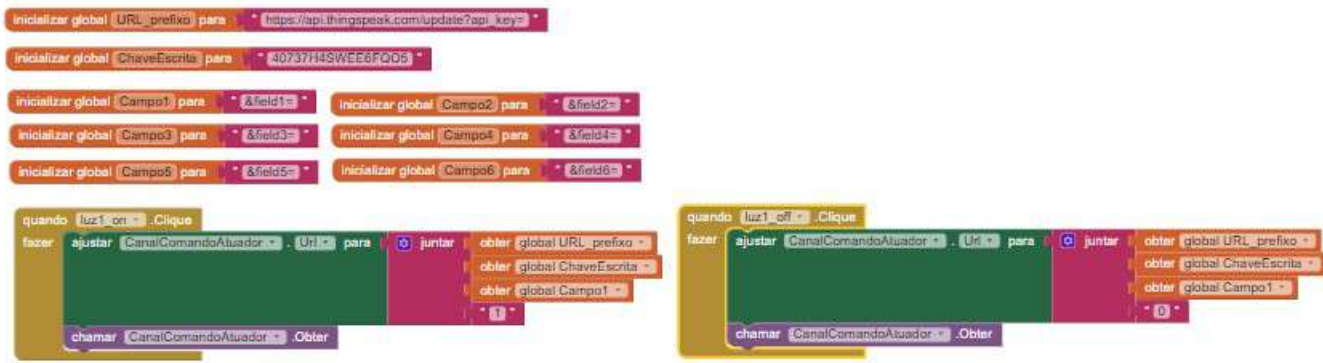
Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 24 – Tela do aplicativo para *ThingSpeak*.



Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 25 – Programação do aplicativo *ThingSpeak*.



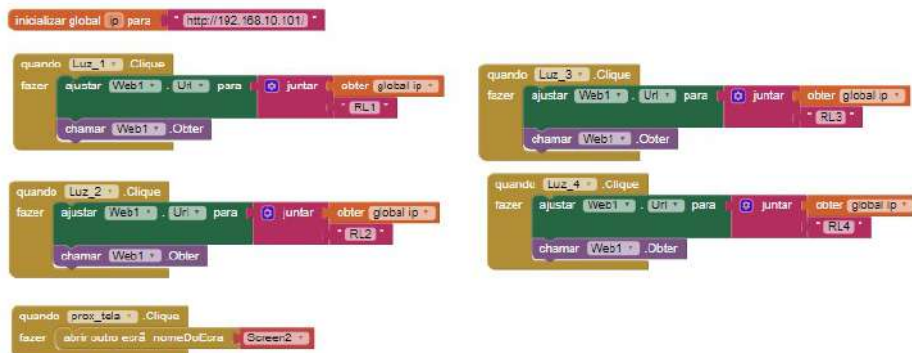
Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 26 – Página HTML.



Fonte: Produção do próprio autor.

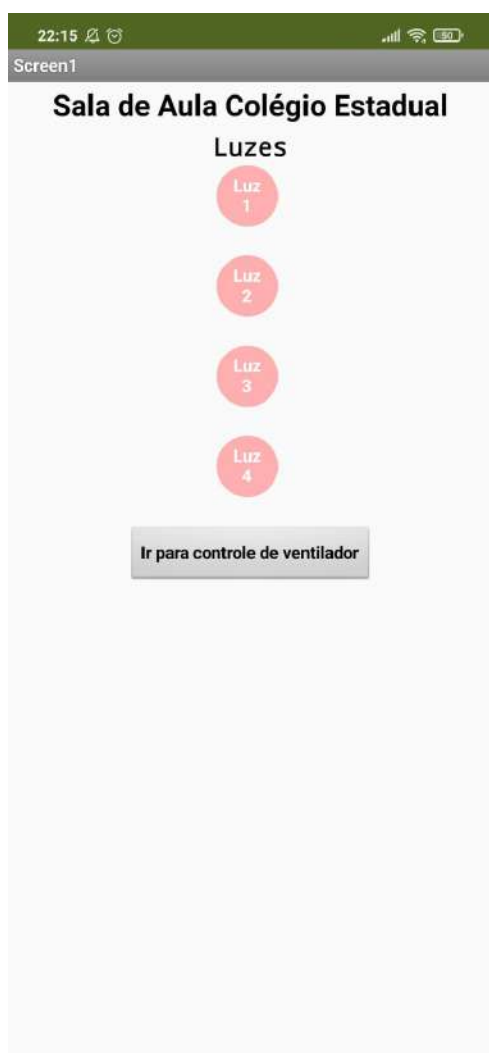
Figura 27 – Programação do aplicativo web server.



Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 28 – Tela do aplicativo para web server.

(a) Tela 1 do aplicativo.



(b) Tela 2 do aplicativo.



Fonte: Produção do próprio autor.

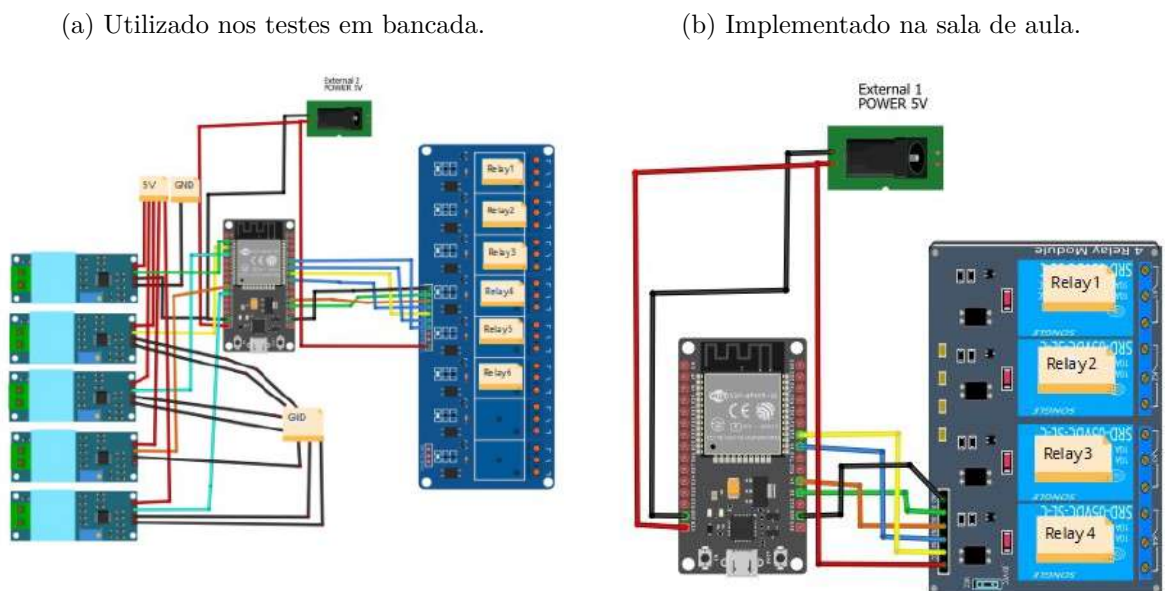
4 IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO DE AUTOMAÇÃO

Para realizar a implementação do projeto, primeiro foram feitos os testes em uma bancada montada em casa. O primeiro teste realizado com o protótipo foi utilizar um *web server* para acionar as cargas. Para isso utilizou-se o microcontrolador, módulo relé de 8 canais e 5 sensores de tensão ZMPT101b. O segundo teste realizado com o protótipo foi utilizar a plataforma *ThingSpeak* para acionar as cargas e, neste caso, não foram utilizados os sensores de tensão.

Ambos os testes foram realizados na bancada. O funcionamento com o *web server* é mostrado na Seção 4.1 e o funcionamento com a plataforma *ThingSpeak* é mostrado na Seção 4.2. Na Seção 4.1, teste em bancada, não será mostrado resultados obtidos com a plataforma *ThingSpeak* já que essa será mostrada na Seção 4.2, implementação na sala de aula.

O esquemático das conexões realizadas do microcontrolador com sensores e atuadores montados para os testes em bancada e na implementação na sala de aula são apresentados nas Figuras 29a e 29b, respectivamente.

Figura 29 – Esquemático de conexão dos sensores e atuados ao microcontrolador.



Fonte: Produção do próprio autor.

4.1 Teste em bancada

Para realizar os testes foi montada a bancada como mostrada na Figura 30. Ela possui 5 interruptores, dos quais um conjunto de 4 interruptores controla as 4 lâmpadas e 1 interruptor aciona o ventilador de teto que tem no ambiente onde foram realizados os testes. O interruptor utilizado normalmente pelo ventilador também foi exposto para que fosse possível realizar as conexões elétricas.

Figura 30 – Bancada de teste.



Fonte: Produção do próprio autor.

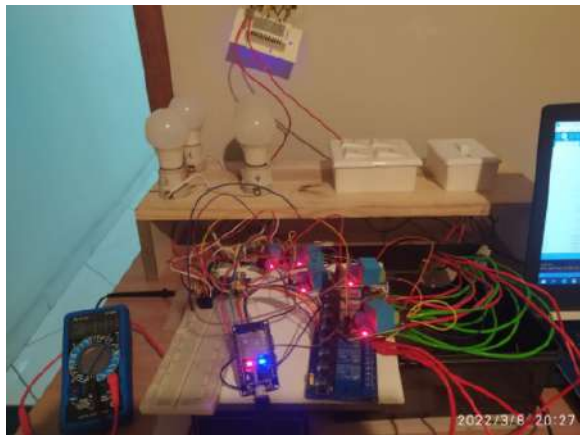
O primeiro teste realizado com o protótipo foi utilizar um *web server* para controlar as cargas. Para isso utilizou-se o microcontrolador, módulo relé de 8 canais e 5 sensores de tensão ZMPT101b.

As fotos das Figuras de 31 a 33 foram tiradas durante os testes realizados em bancada, a fim de mostrar o funcionamento.

Os sensores de tensão foram ligados em paralelo com o comum do relé (onde estão conectados os fios de retorno das lâmpadas e do ventilador) e o fio neutro. Dessa forma, é possível saber o estado atual de cada carga, pois quando a mesma está ligada há tensão

Figura 31 – Protótipo e página HTML na situação em que todas as cargas estão desligadas.

(a) Protótipo no momento com cargas desligadas. (b) Página HTML no momento cargas desligadas.



Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 32 – Protótipo e página HTML na situação em que apenas a lâmpada 2 está acesa.

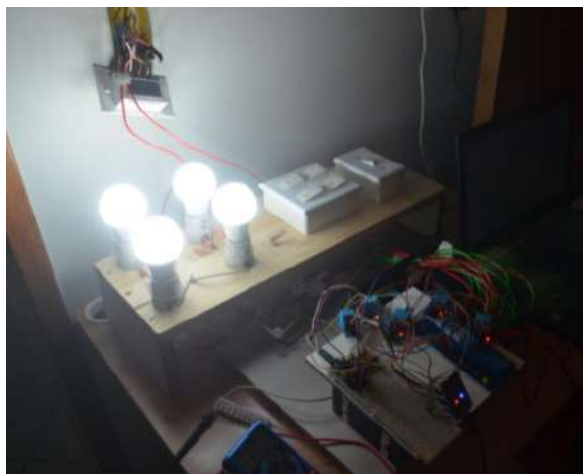
(a) Protótipo no momento (lâmpada 2 acesa). (b) Página HTML no momento (lâmpada 2 acesa).



Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 33 – Protótipo e página HTML na situação em que todas as cargas estão ligadas.

(a) Protótipo no momento cargas acionadas.



(b) Página HTML no momento cargas acionadas.



Fonte: Produção do próprio autor.

entre o comum do relé e o neutro, independentemente da carga ter sido acionada pelo interruptor, pelo aplicativo ou pela página web.

As Figuras 31, 32 e 33 mostram que o protótipo funcionou como esperado. Isto é, o estado atual de cada carga é atualizado na página web de forma que não depende da maneira com que ele foi ligado ou desligado, devido à presença dos sensores de tensão.

4.2 Implementação na sala de aula

Ao instalar o protótipo em sala de aula optou-se pelo acionamento remoto apenas para controlar o sistema de iluminação, pois não havia alguns recursos necessários para finalizar a instalação com os ventiladores, tais como 2 caixas 4x2 de sobrepor e 2 interruptores *three-way* para conseguir organizar a passagem dos fios para caixa de controle onde ficam o microcontrolador, o módulo relé e a fonte de alimentação. Não foram utilizados os sensores de tensão, pois não havia disponível na caixa 4x4 dos interruptores o fio neutro necessário para a conexão com estes sensores e para passá-lo seria necessária uma intervenção maior no ambiente e o uso de ferramentas que não estavam disponíveis no momento da instalação.

Portanto, para monitorar de maneira eficaz a sala é necessário acionar as cargas pelo aplicativo ou através da página web, visto que ao acioná-las pelo interruptor *three-way*

não é enviado para o canal no *ThingSpeak* uma atualização de seu estado atual.

Figura 34 – Sistema montando em sala de aula do Colégio Estadual do Espírito Santo.



Fonte: Produção do próprio autor.

Considerando, a limitação citada anteriormente, de não ter sido possível utilizar os sensores de tensão para definir de maneira eficaz o estado atual das lâmpadas, o sistema instalado (Figura 34) na sala de aula do Colégio Estadual do Espírito Santo funcionou como esperado.

No *ThingSpeak* foi criada uma visualização para saber o estado atual das lâmpadas. Para cada um dos campos foi configurada a visualização de indicação de lâmpada disponível como *widgets*, de modo que quando a mesma está ligada, o círculo fica de uma cor mais forte e ao desligar a lâmpada, o círculo muda para uma cor mais clara.

As fotos mostradas nas Figuras de 35 a 37 foram tiradas durante a montagem e testes em sala de aula, a fim de mostrar que o sistema instalado funcionou como esperado.

Como pode-se ver na Figura 35, ao ter as quatro lâmpadas acionadas, a visualização no *ThingSpeak* na tela no computador está com todos os *widgets* acessos.

Já ao desligar toda a iluminação da sala de aula é possível ver na Figura 36 que a visualização no *ThingSpeak* na tela no computador está com todos os *widgets* apagados. Pode-se comparar melhor a diferença entre o *widget* aceso e os apagados na Figura 37, isso se deve ao fato de apenas o conjunto de lâmpadas da frente da sala de aula estar ligado, no *ThingSpeak* esse conjunto é referenciado como um *widget* apenas.

Figura 35 – Sala de aula do Colégio Estadual do Espírito Santo com todas as lâmpadas acesas.



Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 36 – Sala de aula do Colégio Estadual do Espírito Santo com todas as lâmpadas apagadas.



Fonte: Produção do próprio autor.

Além da visualização por meio de *widgets*, é possível saber o estado da carga por meio de um gráfico gerado pela plataforma, como pode ser observado na Figura 38. Através desse gráfico gerado é possível obter dados como a quantidade de tempo em que a carga ficou ligada. Assim, a partir de uma análise desses dados obtidos, é possível obter informações sobre o padrão de consumo para saber se há mal uso da energia elétrica devido, por

Figura 37 – Sala de aula do Colégio Estadual do Espírito Santo com apenas uma lâmpada acesa.



Fonte: Produção do próprio autor.

exemplo, ao fato da análise apontar que a carga estava acionada durante um período em que a sala de aula estava desocupada.

Na Figura 39 é mostrada como ficou a instalação após a finalização da intervenção realizada na sala de aula do Colégio Estadual do Espírito Santo.

Figura 38 – Gráficos de acionamentos.



Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 39 – Finalização da montagem em sala de aula do Colégio Estadual do Espírito Santo.



Fonte: Produção do próprio autor.

5 CONCLUSÃO E PROJETOS FUTUROS

O objetivo principal deste trabalho foi propor um sistema de automação de uma sala de aula. Para atingir esse objetivo, a técnica proposta foi baseada fundamentalmente em utilizar microcontrolador, controle e automação, arquitetura de IoT para realizar os acionamentos e monitoramento do sistema que foi testado em bancada e posteriormente instalado na sala de aula no Colégio Estadual do Espírito Santo.

Deve-se ressaltar que o projeto testado na bancada, utilizando um *web server*, funcionou de modo a cumprir os objetivos propostos. Já para a implementação na sala de aula, pode-se dizer que o resultado obtido foi satisfatório, pois o projeto instalado no Colégio Estadual do Espírito Santo atingiu os resultados esperados dentro de suas limitações, também sendo capaz de cumprir os objetivos deste trabalho.

Assim, foi possível concluir que o projeto obteve sucesso, tanto nos testes em protótipo, quanto na implementação na sala de aula. Dessa forma, o projeto mostrou-se viável para ser expandido para instalação em mais ambientes escolares, pois em larga escala será capaz de gerar dados suficientes para propor medidas que levem à eficiência energética nas escolas estaduais em que forem implantadas.

Como sugestões para trabalhos futuros, propõe-se a utilização de um banco de dados junto com a solução do *web server* para armazenar as informações e utilizar medidores de potência elétrica para melhor análise de consumo. Além disso, também seria interessante complementar a instalação realizada no Colégio Estadual do Espírito Santo adicionando os ventilados na automação.

REFERÊNCIAS

- ACCARDI, A.; DODONOV, E. Automação residencial: elementos básicos, arquiteturas, setores, aplicações e protocolos. Revista TIS, v. 1, n. 2, 2012. Citado na página 18.
- ALBINI, L. C. P. Redes de computadores i. 2015. Citado na página 26.
- AREATECNOLOGIA. Circuito interno relé. 2021. Disponível em: <<https://www.areatecnologia.com/electricidad/rele.html>>. Acesso em: 20 set. 2021. Citado na página 26.
- ASHTON, K. et al. That ‘internet of things’ thing. RFID journal, v. 22, n. 7, p. 97–114, 2009. Citado na página 17.
- BARROS, J. S.; LÔBO, M. F.; SILVA, V. H. d. A. Um sistema de monitoramento e controle elétricos em sala de aulas de instituições de ensino superior. Silva, p. 21, 2006. Citado na página 32.
- BRUNO, G. P.; ALEXANDRINO, I. G.; SILVA, L. H. d. S.; VIEIRA, G. S. Automação de uma sala de aula: Um projeto de baixo custo. In: Congresso Brasileiro de Automática-CBA. [S.l.: s.n.], 2019. v. 1, n. 1. Citado na página 32.
- CHEBUDIE ABIY BIRU E MINERVA, R. e. R. D. Towards a definition of the Internet of Things (IoT). Tese (Doutorado), 2014. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.
- CONCEIÇÃO, W. N. E. da; COSTA, R. M. de R. Análise do protocolo mqtt para comunicação iot através de um cenário de comunicação. Caderno de Estudos em Sistemas de Informação, v. 5, n. 2, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 31.
- COSTA, R. A. A.; MENDES, L. A. M. Evolução das redes sem fio: Um estudo comparativo entre bluetooth e zigbee. Universidade Presidente Antônio Carlos, Dezembro, 2006. Citado na página 30.
- EDNEY, J.; ARBAUGH, W. A.; ARBAUGH, W. Real 802.11 security: Wi-Fi protected access and 802.11 i. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2004. Citado na página 28.
- ESPRESSIF-SYSTEMS. Espressif Systems. ESP8266EX: Datasheet. 2020. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf>. Acesso em: 20 set. 2021. Citado na página 21.
- ESPRESSIF-SYSTEMS. Espressif Systems. ESP32 Series: Datasheet. 2021. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf>. Acesso em: 20 set. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.
- FOROUZAN, B. A. Comunicação de dados e redes de computadores. [S.l.]: AMGH Editora, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.
- MAGRANI, E. A internet das coisas. [S.l.]: Editora FGV, 2018. Citado na página 13.

MARTINS, I. R.; ZEM, J. L. Estudo dos protocolos de comunicação mqtt e coap para aplicações machine-to-machine e internet das coisas. Revista Tecnológica da Fatec Americana, v. 3, n. 1, p. 24p–24p, 2015. Citado na página 30.

MICROSYSTEMS, A. ACS712 Data Sheet. 2007. Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/datasheets/BreakoutBoards/0712.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2021. Citado na página 24.

MURATORI, J. R.; BÓ, P. H. D. Capítulo i automação residencial: histórico, definições e conceitos. O Setor elétrico, p. 70–77, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 18.

SIQUEIRA, T. S. de. Bluetooth–características, protocolos e funcionamento. 2006. Citado na página 29.

TEIXEIRA, G. ESP32 WiF-i: Comunicação com a Internet. 2019. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/blog/esp32-wifi-comunicacao-com-a-internet/>>. Acesso em: 10 mar. 2022. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 37.

THINGSPEAK. Saiba mais sobre o ThingSpeak. 2022. Disponível em: <https://thingspeak.com/pages/learn_more>. Acesso em: 10 mar. 2022. Citado na página 37.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. de. Sensores industriais: fundamentos e aplicações. [S.l.]: Saraiva Educação SA, 2020. Citado na página 23.

ZABADAL, B. M.; CASTRO, B. F. L. M. de. Iot e seus principais desafios. Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação, v. 3, n. 1, 2017. Citado na página 17.