

## **ESTUDO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL INTEGRADO COM ESP32 PARA ACIONAMENTO VIA SMARTWATCH**

Diogo Millnitz<sup>1</sup>

André Bonetto Trindade<sup>2</sup>

### **Resumo:**

A automação residencial tem crescido significativamente nos últimos anos, motivada pela busca por maior conforto, segurança e eficiência energética. Este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema de automação, utilizando o microcontrolador ESP32 e integrando-o ao *Apple Watch*. Essa solução permite que os usuários controlem dispositivos elétricos de forma prática e intuitiva, diretamente do pulso, destacando-se como uma aplicação acessível e eficiente da Internet das Coisas (IoT) em ambientes domésticos.

A comunicação entre o ESP32 e o *Apple Watch* ocorre por meio de uma aplicação dedicada, que interage com um banco de dados para gerenciar os acionamentos e a troca de informações entre os dispositivos. O artigo detalha as etapas do projeto, incluindo a configuração do ESP32 e instalação de sensores, a programação do *software*, embarcado no ESP32 e aplicativo para o *Apple Watch* e os testes realizados para validar o funcionamento do sistema, durante o processo, desafios como a compatibilidade entre dispositivos foram enfrentados e solucionados.

**Palavras-Chave:** Internet das coisas. Dispositivos Vestíveis. ESP32. *Apple Watch*. Automação Residencial.

---

<sup>1</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Santa Catarina. Diogo.millnitz@gmail.com

<sup>2</sup> Professor do curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Santa Catarina. andre.bonetto@ifsc.edu.br

## **STUDY OF A HOME AUTOMATION SYSTEM INTEGRATED WITH ESP32 FOR SMARTWATCH-BASED CONTROL**

### **Abstract:**

Home automation has grown significantly in recent years, driven by the search for greater comfort, security and energy efficiency. This article presents the development of an automation system using the ESP32 microcontroller and integrating it with the Apple Watch. This solution allows users to control electrical devices in a practical and intuitive way, directly from their wrist, standing out as an accessible and efficient application of the Internet of Things (IoT) in domestic environments.

Communication between the ESP32 and the Apple Watch occurs through a dedicated application, which interacts with a database to manage activations and the exchange of information between devices. The article details the project steps, including the configuration of the ESP32 and installation of sensors, the programming of the software embedded in the ESP32 and the application for the Apple Watch, and the tests performed to validate the system's operation. During the process, challenges such as compatibility between devices were faced and solved.

**Keywords:** Internet of Things. Wearable Devices. ESP32. Apple Watch. Home Automation.

## 1. INTRODUÇÃO

A automação residencial tem se consolidado como uma tendência crescente, especialmente com o crescimento da Internet das Coisas (IoT), que permite a conexão de dispositivos e um gerenciamento eficiente de ambientes domésticos. Este fenômeno foi acelerado pela pandemia de COVID-19, que forçou as pessoas a passarem mais tempo em casa, aumentando a demanda por soluções que facilitassem a rotina diária (Santilio, 2023). A automação não apenas melhora a conveniência, mas também contribui para a eficiência energética, um aspecto cada vez mais relevante em um mundo que busca sustentabilidade (Oliveira & Campos, 2023). De acordo com a Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial - AURESIDE, o mercado global de automação residencial foi avaliado em 12 bilhões de dólares em 2020, com uma projeção de crescimento anual de 11,36% (Oliveira & Campos, 2023).

Nesse cenário, destaca-se o microcontrolador ESP32, um dispositivo que conta com um processador *dual-core* e uma variedade de entradas e saídas, sendo utilizadas neste projeto, as entradas e saídas digitais. Com a sua conectividade *Wi-Fi* e *Bluetooth*, o ESP32 possibilita a criação de soluções personalizadas e escaláveis, adequadas tanto para iniciantes quanto para desenvolvedores experientes (Alves, 2022). A adoção do ESP32 não apenas diminui os custos de implementação, mas também simplifica a integração de diversos dispositivos, promovendo uma experiência de automação mais eficiente. Além disso, a introdução do dispositivo vestível, que é um equipamento tecnológico projetado para ser usado no corpo, como o *Apple Watch*, tem revolucionado a forma como interagimos com a tecnologia. Esse dispositivo permite, ainda que não comumente implementado, o controle remoto de sistemas automatizados, proporcionando aos usuários uma interface intuitiva e acessível para gerenciar suas casas. A capacidade de monitorar e controlar dispositivos de forma prática e em tempo real, diretamente do pulso, representa um avanço significativo na experiência do usuário, integrando tecnologia e conveniência de maneira harmoniosa. Assim, a combinação de automação residencial, dispositivos IoT e controle por meio de dispositivo vestível não apenas transforma a maneira como vivemos, mas também abre novas possibilidades para a

personalização e eficiência dos lares modernos.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo sobre a automação residencial de baixo custo, utilizando o microcontrolador ESP32. A proposta se distingue pela implementação de um aplicativo destinado ao *Apple Watch*, não comum neste tipo de equipamento. Por meio deste aplicativo, os usuários poderão monitorar a temperatura ambiente, verificar o estado dos sensores, acionar portões eletrônicos e controlar a iluminação, proporcionando uma experiência prática e integrada. Para a realização dos testes, será utilizado um protótipo que simula um ambiente residencial, permitindo a avaliação das funcionalidades e a eficácia do sistema proposto.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. Automação residencial e IoT**

A automação residencial, também conhecida como domótica que é a junção das palavras "domus", que significa casa em latim, e robótica, refere-se à integração de tecnologia em residências para controlar e monitorar diversos sistemas e dispositivos, como iluminação, climatização, segurança e entretenimento. A relação entre automação residencial e a Internet das Coisas (IoT) é natural, uma vez que a IoT permite que esses dispositivos se comuniquem entre si e com os usuários por meio da internet, proporcionando um controle mais eficiente e remoto das funções domésticas (Amorim, 2019).

Os principais benefícios da automação residencial são evidentes em três áreas principais: conforto, segurança e economia de energia. Em termos de conforto, a automação permite que os usuários ajustem a temperatura, a iluminação e outros sistemas de sua casa de maneira conveniente. Isso não apenas melhora a experiência do usuário, mas também facilita a personalização do ambiente de acordo com as preferências individuais (Filho, 2021).

A segurança é outro aspecto crucial da automação residencial. Sistemas de segurança inteligentes, como câmeras de vigilância, alarmes e sensores de movimento, podem ser monitorados e controlados remotamente, oferecendo aos proprietários uma sensação de segurança e controle sobre suas propriedades. Além disso, a automação pode incluir recursos como fechaduras inteligentes e sistemas

de iluminação que simulam a presença de pessoas em casa, desencorajando potenciais invasores (Filho, 2021).

A economia de energia é um benefício significativo que a automação residencial pode proporcionar. Dispositivos conectados à IoT podem monitorar o consumo de energia em tempo real e otimizar o uso de eletricidade, reduzindo custos e promovendo a sustentabilidade. Estudos indicam que a automação pode levar a uma redução no consumo de energia elétrica em até 40%, dependendo das configurações e do uso dos dispositivos (Santos, 2019; Santilio, 2023). Por exemplo, sistemas de climatização automatizados podem ajustar a temperatura com base na presença de pessoas em casa, evitando o desperdício de energia quando não há ninguém no ambiente (Santos, 2019).

Além disso, a automação residencial pode facilitar a inclusão social, especialmente para pessoas com deficiência ou idosos, ao proporcionar um ambiente mais acessível e adaptável às suas necessidades (Filho, 2021; Alves, 2022). A implementação de tecnologias de automação pode, portanto, não apenas melhorar a qualidade de vida dos usuários, mas também contribuir para a eficiência energética e a segurança das residências.

Portanto, a automação residencial, impulsionada pela Internet das Coisas, oferece uma gama de benefícios que vão desde o aumento do conforto e da segurança até a significativa economia de energia. À medida que a tecnologia avança, espera-se que a adoção de soluções de automação residencial se torne ainda mais comum, transformando a maneira como interagimos com nossos lares.

## **2.2. Microcontrolador**

Os microcontroladores têm se tornado fundamentais na automação, oferecendo soluções versáteis e de baixo custo para uma variedade de aplicações. Entre os microcontroladores mais populares, destaca-se o ESP32, que se diferencia por sua arquitetura robusta, conectividade avançada e suporte a uma ampla gama de sensores e atuadores. O ESP32 é equipado com um processador dual-core, permitindo um desempenho superior em comparação com microcontroladores mais simples, como o ESP8266 e o Arduino (Cardoso, 2020; Rosa, 2022). Sua capacidade de conectividade, que inclui Wi-Fi e Bluetooth, possibilita a integração

em sistemas de Internet das Coisas (IoT), tornando-o ideal para aplicações que exigem comunicação em tempo real e controle remoto (Rosa, 2022). A arquitetura do ESP32 é projetada para suportar aplicações que requerem processamento intensivo e múltiplas tarefas simultâneas. Isso é especialmente útil em sistemas de automação industrial, onde a eficiência e a resposta rápida são cruciais (Fontenelle, 2024). Além disso, o ESP32 possui uma vasta biblioteca de programação, o que facilita a implementação de projetos complexos, como sistemas de monitoramento e controle de ambientes (Rosa, 2022). Comparativamente, o Arduino, embora amplamente utilizado e acessível, pode apresentar limitações em termos de capacidade de processamento e conectividade, especialmente em aplicações que exigem comunicação sem fio (Campos, 2023).

Além disso, a comparação entre o ESP32 e outros microcontroladores, como o Arduino e o ESP8266, revela que, enquanto o Arduino é ideal para projetos simples e educacionais, o ESP32 é mais adequado para aplicações que exigem maior capacidade de processamento e conectividade (Cardoso, 2020; Rosa, 2022). O ESP8266, embora eficiente para projetos de IoT, não possui a mesma capacidade de processamento do ESP32, limitando sua aplicação em sistemas mais complexos (Rosa, 2022) conforme figura 1.

Figura 1 – Comparativo ESP32, ESP8266 e Arduino UNO

|             | <b>ESP32</b>                 | <b>ESP8266</b>         | <b>ARDUINO UNO R3</b> |
|-------------|------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Cores       | 2                            | 1                      | 1                     |
| Arquitetura | 32 bits                      | 32 bits                | 8 bits                |
| Clock       | 160MHz                       | 80MHz                  | 16MHz                 |
| WiFi        | Sim                          | Sim                    | Não                   |
| Bluetooth   | Sim                          | Não                    | Não                   |
| RAM         | 512KB                        | 160KB                  | 2KB                   |
| FLASH       | 16Mb                         | 16Mb                   | 32KB                  |
| GPIO        | 36                           | 17                     | 14                    |
| Interfaces  | SPI / I2C / UART / I2S / CAN | SPI / I2C / UART / I2S | SPI / I2C / UART      |
| ADC         | 18                           | 1                      | 6                     |
| DAC         | 2                            | 0                      | 0                     |

Fonte: Fernandok (2018).

Portanto, a escolha do microcontrolador deve ser baseada nas necessidades específicas do projeto, considerando fatores como custo, complexidade e requisitos de conectividade. Desta forma os microcontroladores, especialmente o ESP32, desempenham um papel crucial na automação moderna, oferecendo soluções eficientes e acessíveis que atendem a uma ampla gama de aplicações. Sua arquitetura avançada, conectividade robusta e suporte a sensores e atuadores fazem deles uma escolha preferencial em projetos de automação, superando as limitações de microcontroladores mais simples como o Arduino e o ESP8266.

### **2.3. Dispositivos Vestíveis**

Os dispositivos vestíveis, como o *Apple Watch*, têm se tornado cada vez mais integrados ao cotidiano dos usuários, oferecendo funcionalidades que vão além da simples monitorização de saúde. O *Apple Watch*, por exemplo, não apenas permite o rastreamento de atividades físicas e saúde, mas também serve como um *hub* para automação residencial. A comunicação entre dispositivos móveis e sistemas de automação residencial é frequentemente mediada por smartphones, como o *iPhone*. Este dispositivo atua como um intermediário crucial, facilitando a interação entre o usuário e os dispositivos vestíveis, além de permitir o controle remoto de sistemas de automação através de aplicativos dedicados. A integração de tecnologias móveis com automação residencial não apenas melhora a conveniência, mas também promove uma experiência mais conectada e personalizada para os usuários (Verzani & Serapião, 2020).

A utilização de protocolos como o *Bluetooth* e *Wi-Fi* para a comunicação entre dispositivos é fundamental, pois garante que os usuários possam controlar seus ambientes de forma eficiente e em tempo real (Lopes, 2024). Portanto, a junção entre dispositivos vestíveis e automação residencial representa uma área de inovação significativa, onde a conveniência e a acessibilidade são aprimoradas por meio de tecnologias de comunicação avançadas.

### **2.4. Sensores e Motor**

Para a implementação de um sistema de automação residencial de baixo custo, a seleção de sensores com propósitos específicos é fundamental para

garantir a eficácia e a funcionalidade do sistema. Sensores como o DHT11, MQ-2 e HC-SR501 desempenham papéis essenciais, permitindo o monitoramento de temperatura e umidade, detecção de fumaça e controle de movimento respectivamente. A escolha desses sensores é respaldada por tecnologias que possibilitam a construção de sistemas acessíveis e eficientes, como o uso de microcontroladores e a integração com a Internet das Coisas (IoT) (Filho & Gertrudes, 2019).

O sensor DHT11, figura 2 (a), é amplamente reconhecido por sua capacidade de medir temperatura e umidade em ambientes internos. O DHT11 fornece leituras digitais de temperatura variando de 0 a 50 graus Celsius, com uma precisão de  $\pm 2$  graus, e umidade relativa de 20% a 80%, com precisão de  $\pm 5\%$ . Sua operação é baseada em um único fio de dados, o que facilita a conexão com microcontroladores, como o ESP32. A capacidade de monitorar as condições ambientais em tempo real permite que os usuários ajustem sistemas de climatização e ventilação, promovendo um ambiente mais confortável e eficiente (Filho & Gertrudes, 2019).

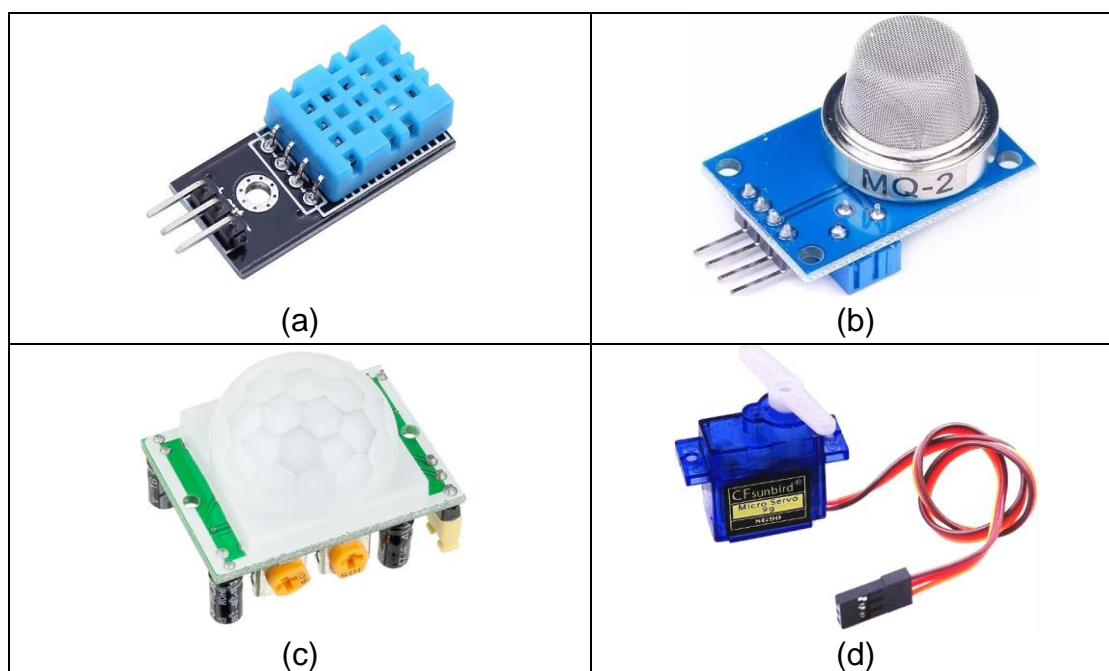
O sensor MQ-2 visto na figura 2 (b) é um dispositivo versátil projetado para detectar uma ampla gama de gases, incluindo gás liquefeito de petróleo (GLP), fumaça e outros compostos orgânicos voláteis. Este sensor é especialmente valioso em aplicações de segurança, onde a detecção de vazamentos de gás é crucial para a proteção do lar. O MQ-2 opera com base em um princípio de resistência, onde a resistência do sensor varia de acordo com a concentração do gás presente no ambiente. Ele pode ser facilmente integrado a sistemas de automação residencial, permitindo que os usuários recebam alertas em tempo real sobre a presença de gases perigosos. Além disso, sua capacidade de detectar múltiplos tipos de gases o torna uma ferramenta eficaz para monitoramento ambiental (Amorim, 2019).

O HC-SR501 é um sensor de movimento que utiliza tecnologia infravermelha passiva (PIR) para detectar a presença de pessoas em um determinado ambiente. Este sensor é capaz de detectar movimento em um alcance de até 7 metros e um ângulo de 120 graus, tornando-o ideal para monitorar áreas externas e alertar os proprietários sobre a presença de pessoas em seus jardins ou áreas externas. Quando o sensor detecta movimento, ele envia um sinal para o microcontrolador,

que pode acionar dispositivos como lâmpadas externas, alarmes ou câmeras de segurança (Nascimento & Fettermann, 2019).

Adicionalmente, o servo motor SG90 pode ser integrado em sistemas de automação residencial utilizando o ESP32, proporcionando um controle mecânico preciso. Este motor é conhecido por sua alta precisão e pequeno tamanho, o que o torna ideal para aplicações que requerem movimentação controlada, como em mecanismos de abertura de portas ou persianas automatizadas. A utilização do SG90 em conjunto com os sensores mencionados permite uma maior personalização e eficiência nos sistemas de automação, possibilitando ações automatizadas em resposta a eventos detectados pelos sensores. No contexto do projeto proposto, que utiliza uma maquete como protótipo, o SG90 atende plenamente às necessidades de acionamento do portão eletrônico.

Figura 2 – Sensores e motor – (a) DHT11, (b) MQ-2, (c) HC-SR501, (d) SG90



Fonte: Mouser Eletronics (2024).

A integração dos sensores DHT11, MQ-2 e HC-SR501 no projeto de automação residencial utilizando o ESP32 proporciona uma solução robusta e eficiente. Cada sensor desempenha um papel específico, desde o monitoramento das condições ambientais até a detecção de gases e movimentos, contribuindo para um sistema de automação mais inteligente e responsivo. A combinação dessas

tecnologias não apenas melhora a segurança e o conforto dos usuários, mas também abre novas possibilidades para a personalização e eficiência dos lares modernos, demonstrando o potencial da automação residencial de baixo custo (Leite, 2022).

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

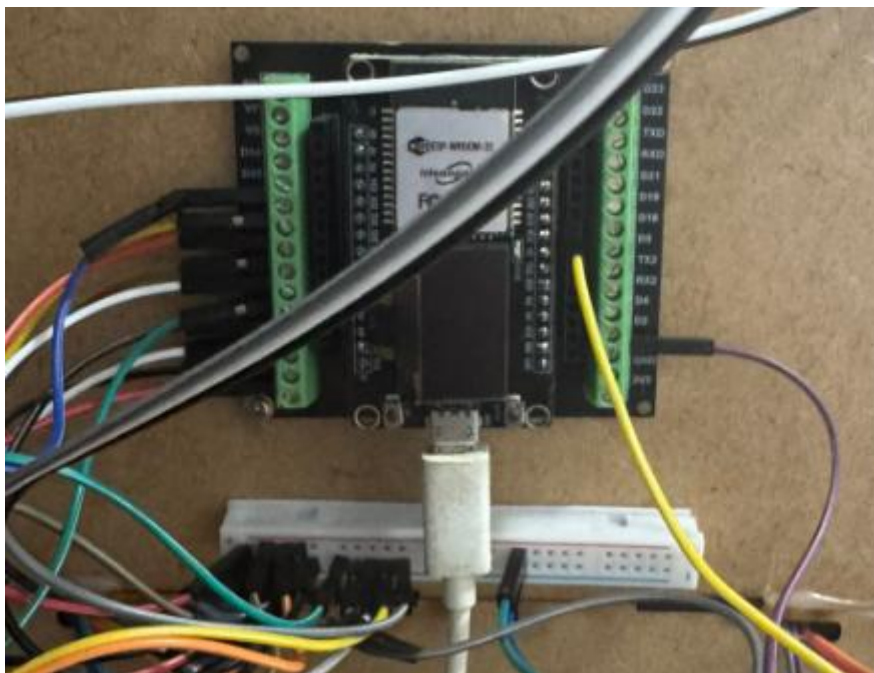
#### **3.1. Protótipo**

Para o protótipo foi utilizado um modelo comercial de casa em miniatura feito em MDF, que proporcionou uma base estável para a montagem dos componentes, *LEDs*, que foram empregados como indicadores visuais de acionamento, e sensores de presença, temperatura, umidade, gás CO<sub>2</sub> e servo motor, que permitiram a interação com o sistema.

O sistema proposto, na forma de protótipo, tem como objetivo simular os acionamentos por meio de sinais, e não representar o funcionamento completo de uma aplicação real. Dessa forma, em uma implementação prática, seria necessário utilizar atuadores para controlar as lâmpadas, além de substituir o motor do portão por um atuador ou um emissor de rádio frequência, garantindo o acionamento efetivo do motor.

As conexões entre os componentes foram realizadas utilizando jumpers, garantindo uma montagem flexível e de fácil modificação, conforme figura 3. O microcontrolador ESP32 foi fixado na parte traseira da maquete, permitindo um acesso facilitado para conexão e testes.

*Figura 3 – Conexão de dispositivos no ESP32*

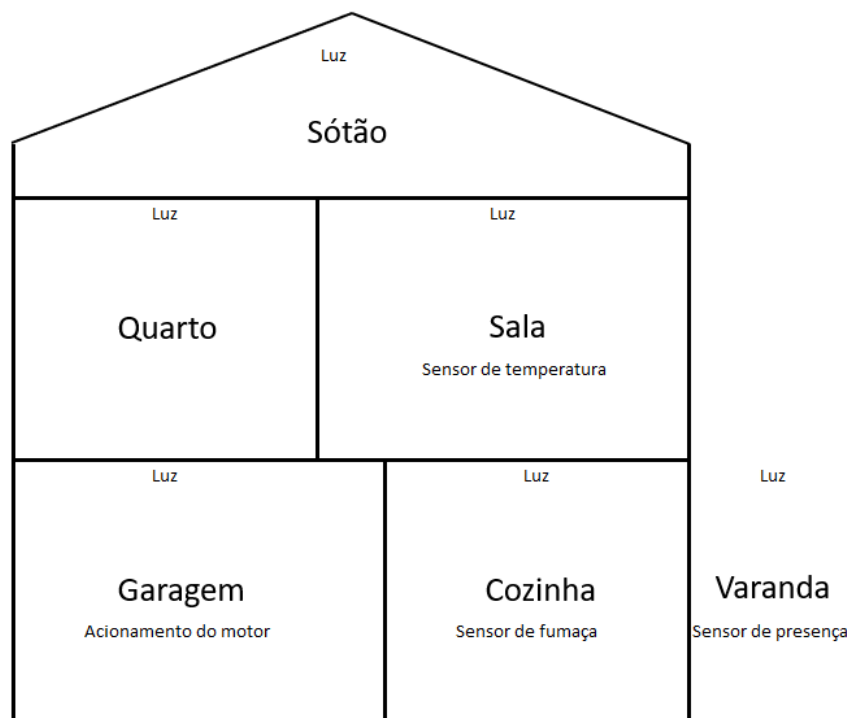


Fonte: O autor (2024).

O protótipo foi separado em ambientes como é possível observar na figura 4, de modo a facilitar a identificação e acionamentos propostos, os sensores foram inseridos em ambientes diferentes para uma captura e/ou acionamento como é possível verificar na figura 4.

- Sala: Sensor de temperatura e umidade;
- Cozinha: Sensor de fumaça;
- Varanda: Sensor de presença;
- Garagem: Servo motor.

Figura 4 - Esquema de localização de ambientes



Fonte: O autor (2024)

Na figura 5 é possível verificar o protótipo montado com seus respectivos sensores.

Figura 5 - Protótipo para testes

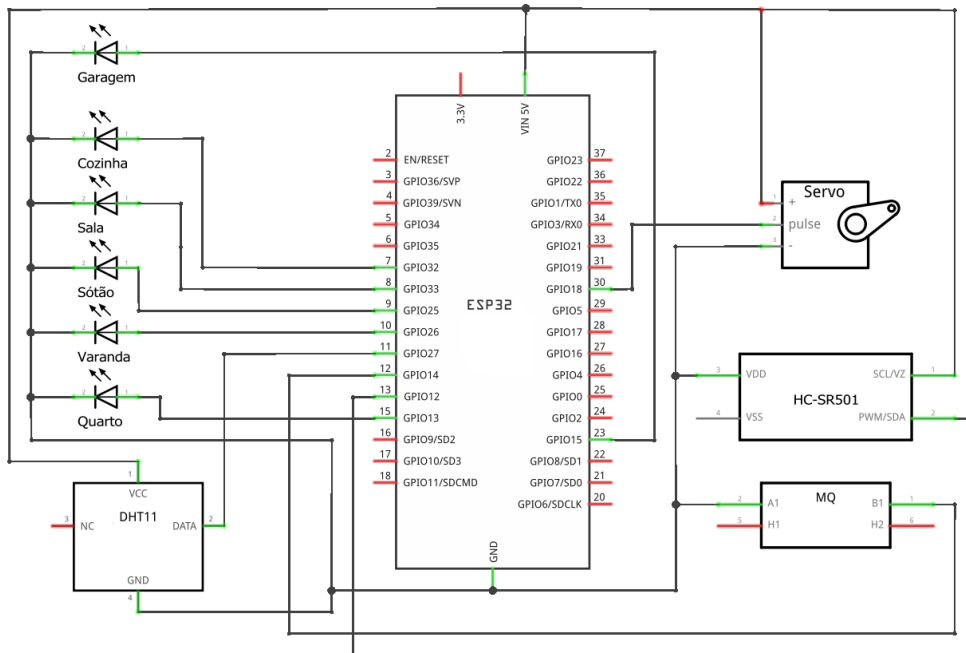


Fonte: O autor (2024)

### 3.2. Esquemático de conexões

As conexões entre os componentes e o microcontrolador ESP32 foi feita através de jumpers conforme figura 6.

Figura 6 - Esquemático de conexões ESP32



Fonte: O autor (2024).

### 3.3. Ferramentas de software

A integração do Arduino IDE (Ambiente de desenvolvimento integrado) com o microcontrolador ESP32 tem se mostrado uma solução poderosa e acessível para o desenvolvimento de projetos de Internet das Coisas (IoT). Esse ambiente de desenvolvimento é amplamente utilizado e permite que usuários programem microcontroladores de forma intuitiva, utilizando uma linguagem baseada em C/C++. Essa interface simplificada é especialmente benéfica para iniciantes, pois oferece uma curva de aprendizado mais suave, permitindo que eles se familiarizem rapidamente com conceitos de programação e eletrônica (Moreira, 2018). A facilidade de implementar projetos complexos é facilitada pelas bibliotecas disponíveis para o ESP32 permitem a integração rápida de sensores e módulos, como os sensores de temperatura e umidade, além de possibilitar a comunicação com bancos de dados (Castro; Mestria, 2023), essas bibliotecas foram criadas por uma comunidade ativa que proporciona um vasto repositório de exemplos que podem ser utilizados como referência para desenvolvimento de projetos, sendo assim, fundamentais para a implementação de projetos que envolvem a coleta e o processamento de dados de diferentes tipos de sensores fornecendo funções pré-definidas que simplificam a programação, permitindo que os desenvolvedores

integrem facilmente sensores ao microcontrolador, como o ESP32.

Portanto, a combinação do Arduino IDE como ambiente de desenvolvimento e o ESP32 não apenas simplifica o processo de desenvolvimento, mas também democratiza o acesso a tecnologias avançadas, permitindo que mais pessoas explorem o potencial da IoT em suas aplicações diárias.

### **3.4. Ambiente de desenvolvimento**

O ambiente de desenvolvimento da *Apple*, com foco na linguagem *SwiftUI*, é uma plataforma robusta que permite a criação de aplicativos de forma eficiente e intuitiva. *SwiftUI* é caracterizado por sua abordagem declarativa, onde os desenvolvedores descrevem a interface do usuário em termos de suas propriedades e comportamentos, ao invés de especificar como a interface deve ser construída passo a passo. Essa abordagem facilita a manutenção e a escalabilidade do código, permitindo que os desenvolvedores se concentrem mais na lógica do aplicativo e na experiência do usuário (Stein & Souza, 2022).

Uma das características mais notáveis do *SwiftUI* é sua integração com o *Xcode*, a IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) da Apple. O *Xcode* oferece um conjunto completo de ferramentas que incluem um editor de código, um simulador para testar aplicativos em diferentes dispositivos e uma interface gráfica para design visual. Essa integração permite que os desenvolvedores visualizem as alterações em tempo real, o que acelera o processo de desenvolvimento e ajuda a identificar problemas rapidamente (Moreira, 2023).

Em suma, o ambiente de desenvolvimento da Apple, com *SwiftUI*, oferece uma plataforma poderosa e flexível que combina uma abordagem declarativa, integração com ferramentas robustas como o *Xcode*, e um forte foco em acessibilidade.

### **3.5. Banco de dados**

Os sensores e LEDs do sistema foram controlados através da utilização de um banco de dados que faz a conexão direta com o *Apple Watch* e o ESP32, lendo e gravando informações em tempo real. A escolha do banco de dados foi feita buscando uma plataforma gratuita e de fácil disponibilidade, sendo escolhido o

*Firestore*. Esse banco de dados é uma plataforma desenvolvida pelo Google, que oferece uma série de serviços que facilitam a criação de aplicações em tempo real, o que é essencial para sistemas de automação que requerem atualizações instantâneas e controle remoto de dispositivos. A integração do *Firestore* com dispositivos de automação residencial, como microcontroladores e sensores, tem sido objeto de estudo em diversas pesquisas brasileiras. Por exemplo, Silva (2020) discutem a aplicação do *Firestore* em sistemas de automação residencial, destacando sua capacidade de gerenciar dispositivos de forma eficiente e em tempo real, permitindo que os usuários controlem suas casas de qualquer lugar.

Além disso, Santos e Oliveira (2021) exploram a automação residencial utilizando o *Firestore* em conjunto com assistentes virtuais, enfatizando a flexibilidade e a acessibilidade que essa tecnologia proporciona. A literatura também aponta que a utilização do *Firestore* em sistemas de automação não se limita apenas ao controle de dispositivos, mas também à coleta e análise de dados. Em um estudo realizado por Almeida (2022), os autores mencionam que a integração de sensores e dispositivos com o *Firestore* permite a automação de tarefas e o monitoramento em tempo real, o que pode ser particularmente útil em um aplicativo para *Apple Watch*. A capacidade de monitorar e controlar dispositivos remotamente, combinada com a interface amigável do *Apple Watch*, pode facilitar a interação do usuário com o sistema de automação residencial.

Sendo assim, o *Firestore* se apresenta como uma solução robusta e acessível para o desenvolvimento de aplicativos de automação residencial para o *Apple Watch*, permitindo controle em tempo real, integração com dispositivos IoT e segurança de dados. A combinação dessas características torna o *Firestore* uma escolha ideal para desenvolvedores que buscam criar soluções de automação residencial de baixo custo e alta eficiência.

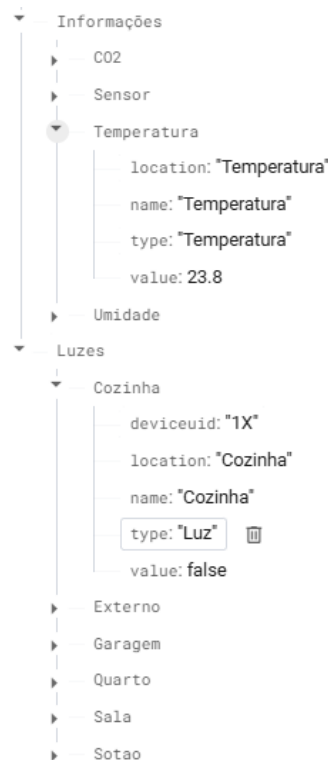
O banco de dados em questão foi desenvolvido com o intuito de garantir um funcionamento adequado e uma leitura dinâmica na aplicação. Para tal, a estrutura do banco foi dividida em duas características principais: "informações" e "luzes", como é possível observar na figura 7. Cada uma dessas seções da tabela desempenha um papel fundamental na organização e na gestão das informações.

Na seção dedicada às "informações", foram incluídos subitens que abrangem

dados relevantes como níveis de CO2, sensores de movimento, temperatura e umidade. Esses parâmetros são essenciais para a monitorização ambiental e para a implementação de respostas automatizadas dentro da aplicação.

Por outro lado, a seção "luzes" foi organizada de maneira a refletir a disposição dos cômodos da residência. Para cada ambiente, foi criada uma entrada específica, que inclui: cozinha, área externa, garagem, quarto, sótão e sala. Essa categorização permite um controle eficiente da iluminação em cada espaço, contribuindo para a funcionalidade e a usabilidade do sistema.

Figura 7 - Banco de dados



Fonte: O autor (2024).

### 3.6. Desenvolvimento da interface gráfica do app de *Apple Watch*

O aplicativo foi concebido com o objetivo de proporcionar uma experiência prática e acessível diretamente do pulso do usuário. Para atingir esse objetivo, a interface gráfica foi projetada com ênfase em botões de fácil acesso, que permitem a visualização rápida das informações pertinentes, bem como a ativação das luzes de forma eficiente. Na figura 8 (a) é possível observar o menu interativo inicial ao abrir o aplicativo, tendo as opções para entrar em submenus, na figura 8 (b) é possível

verificar o submenu de luzes onde é possível ligar e apagar a iluminação conforme a necessidade do usuário, na figura 8 (c) é possível verificar o submenu de informações onde é possível selecionar o sensor que se deseja verificar as informações conforme a figura 8 (d) para o sensor de umidade, figura 8 (e) para sensor de temperatura, figura 8 (f) para detecção de gases e fumaça e figura 8 (g) para detecção de movimento na área externa do protótipo.

Figura 8 - Telas de navegação no smartwatch



Fonte: O autor (2024).

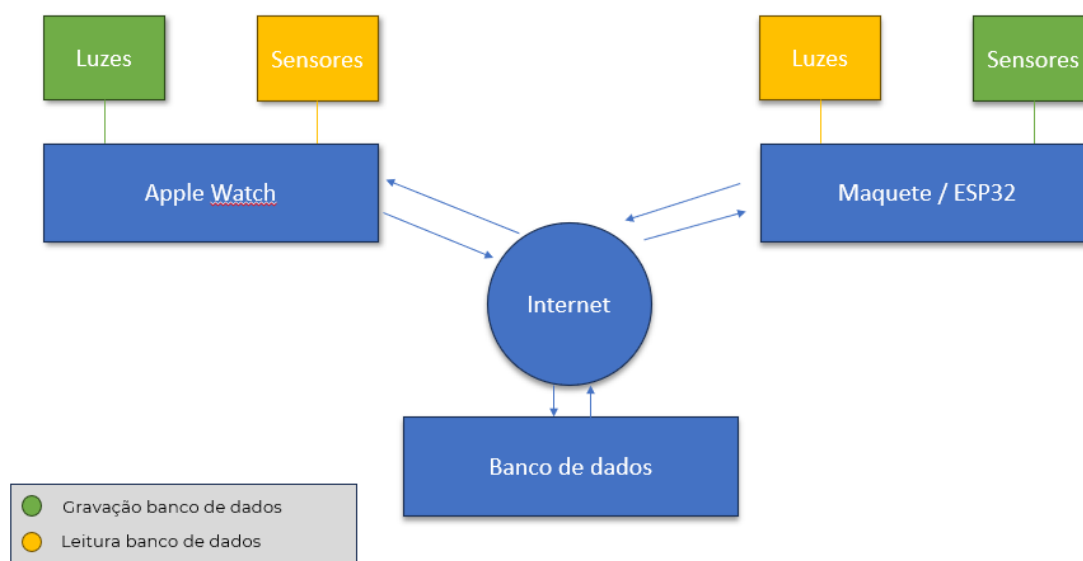
### 3.7. Funcionamento do sistema

O sistema funciona de maneira que os dispositivos obtêm e gravam informações no banco de dados através da conexão com a Internet diretamente no *Firebase*, conforme figura 9.

O *Apple Watch* tem a função de realizar a leitura dos dados de sensores previamente enviados ao banco de dados através do ESP 32, é possível ainda, realizar a atuação dos LEDs no banco de dados, através do relógio, sendo esta, uma gravação de dados.

O ESP32, por sua vez, realiza a leitura booleana das variáveis dos respectivos LEDs para realizar o acionamento ou desligamento dos mesmos, bem como, a leitura de todos os sensores e posterior gravação de seus valores no banco de dados para consulta através do relógio.

Figura 9 – Diagrama de funcionamento do sistema



Fonte: O autor (2024).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A automação residencial tem experimentado um crescimento significativo, impulsionada pela busca por maior conforto, segurança e eficiência. Esse avanço tem transformado a maneira como as pessoas interagem com seus lares, proporcionando maior comodidade, controle e conveniência. O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo para desenvolver uma solução econômica e prática para a automação residencial, permitindo que suas funcionalidades sejam controladas por meio de um *smartwatch* da marca *Apple*, uma abordagem menos comum em comparação com as automações tradicionais que utilizam *smartphones*, como dispositivo principal para atuação. A proposta visa oferecer uma alternativa acessível e eficiente, aproveitando a tecnologia de dispositivos vestíveis para proporcionar uma experiência de controle mais intuitiva e rápida.

Durante a execução do projeto, um dos principais desafios foi a programação para dispositivos da marca *Apple*, que impõe limitações de compatibilidade com produtos de outras marcas. Além disso, a pesquisa por aplicações já desenvolvidas

para dispositivos vestíveis, especialmente para os produtos da *Apple*, é significativamente mais restrita em comparação à vasta gama de opções disponíveis para smartphones, o que dificultou o processo de pesquisa e desenvolvimento.

Durante os testes, os LEDs foram acionados com sucesso, respondendo conforme o esperado aos comandos enviados pelo ESP32. Isso indicou que a comunicação entre o microcontrolador os componentes e o *Apple Watch* funcionaram adequadamente. Os sensores de presença, temperatura, umidade e gás CO<sub>2</sub> também foram testados, mostrando que estavam operando corretamente ao detectar as respectivas variáveis ambientais de forma eficaz.

Entretanto, o principal desafios encontrado durante os testes foi o tempo de espera do ESP32 para a leitura do banco de dados *Firebase*. Observou-se que alguns acionamentos demoraram mais do que o esperado, com um tempo de resposta que chegou a ser de até 3 segundos. Esse atraso pode ser atribuído a diversos fatores, incluindo a latência da rede, que pode afetar significativamente o tempo de resposta e o tempo necessário para que o ESP32 realize a consulta ao banco de dados *Firebase* e receba a resposta, que pode variar dependendo da complexidade da consulta e da quantidade de dados envolvidos.

Tratando-se de um projeto protótipo, este trabalho poderia ser aprimorado com a implementação de atuadores para uma aplicação real, substituindo o acionamento direto de LEDs por lâmpadas, por exemplo, e também melhorando os sensores utilizados. Além disso, para possibilitar uma utilização mais escalável e segura, seria necessário desenvolver um sistema de contas e autenticação de usuários, garantindo o controle e a personalização do acesso, bem como a proteção dos dados e operações realizadas no sistema de automação residencial. Isso ampliaria a funcionalidade do projeto, tornando-o adequado para implementações mais complexas e seguras em ambientes reais.

Com o propósito de explorar a criação de um sistema de automação residencial focado no controle de dispositivos por meio de um *smartwatch*, o presente projeto atingiu seu objetivo, demonstrando a possibilidade tanto no acionamento dos dispositivos quanto na leitura dos sensores. A solução proposta foi capaz de integrar a tecnologia de forma funcional e prática, oferecendo uma experiência de controle eficiente e intuitiva, alinhada aos requisitos estabelecidos.

## REFERÊNCIAS

PARRA SANTILIO, Fabricio; ANGÉLICA CARDOSO ANDRADE, Bárbara; PEDRO GRANZOTTO, João; MARQUES DE BARROS, José Paulo; AMORIM NUNES, Stephanie; ALVES PEREIRA SILVA, Gabriel; DUTRA ATALA COSTA, Manoelly. Análise do consumo de energia elétrica dos equipamentos IoT utilizados na automação residencial: um estudo de caso para redução do consumo de energia elétrica. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, [S. l.], v. 4, n. 10, p. e4104172, 2023. DOI: 10.47820/recima21.v4i10.4172. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/4172>. Acesso em: 10 set. 2024.

OLIVEIRA, D. B. de; CAMPOS, M. I. Mapeamento tecnológico de produtos para o ensino-aprendizagem de automação residencial e predial (ARP). *Cadernos de Prospecção*, [S. l.], v. 16, n. 3, p. 848–862, 2023. DOI: 10.9771/cp.v16i3.50049. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/50049>. Acesso em: 12 set. 2024.

CALDERAN ALVES, Rafael; FLORIAN, Fabiana; FARINA, Renata Mirella. Domótica: estudo da contribuição da automação residencial para a acessibilidade de portadores de deficiência física. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, [S. l.], v. 3, n. 12, p. e3122299, 2022. DOI: 10.47820/recima21.v3i12.2299. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/2299>. Acesso em: 23 set. 2024.

AMORIM, Luciana da Silva et al. Sistema para controle e monitoramento de ambientes utilizando internet das coisas. In: ANAIS DO 14º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE, 2019, Ouro Preto. Anais eletrônicos... Campinas: Galoá, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/sbai-2019/trabalhos/sistema-para-controle-e-monitoramento-de-ambientes-utilizando-internet-das-coisa?lang=pt-br>. Acesso em: 15 set. 2024.

DANTAS FILHO, Carlos Alberto; BRAZ, Daniel da Silva; ZWIPP, Gabriel Nunes et al. Domótica como auxílio para pessoas com deficiência e idosos. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/domotica>. Acesso em: 15 set. 2024.

SANTOS, Jôsi Mylena de Brito; SOARES, Larissa Manfredo; RAIOL DA SILVA, Manuella Almeida; CANTERAL, Kleve Freddy Ferreira; ARAÚJO, Alessandra Danieli Miranda de. Aplicação da domótica para o conforto residencial e sua implicação na eficiência energética. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 36, n. 1, e26391, jan./abr. 2019. DOI: 10.35977/0104-1096.cct2019.v36.2639. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/26391/14443>. Acesso em: 15 set. 2024.

CARDOSO, Otávio Evaristo; MATIAS, Otávio Cosme; MELONI, Lucas Frederico Jardim; ZACARONI, Rodrigo Menezes Sobral; CAMPOS, Gustavo Lobato.

Desenvolvimento de uma plataforma de aprendizagem de sistemas embarcados baseada em ESP32. Anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, COBENGE 2020 e 3º Simpósio Internacional de Educação em Engenharia da ABENGE. Formiga, 2020. Disponível em: [https://www.academia.edu/101058155/Desenvolvimento\\_De\\_Uma\\_Plataforma\\_De\\_Aprendizagem\\_De\\_Sistemas\\_Embarcados\\_Baseada\\_Em\\_ESP32](https://www.academia.edu/101058155/Desenvolvimento_De_Uma_Plataforma_De_Aprendizagem_De_Sistemas_Embarcados_Baseada_Em_ESP32). Acesso em: 15 set. 2024.

ROSA, Alan; TEIXEIRA, David; ALVES JÚNIOR, Nilton. Sistema IoT multipropósito para monitoramento de laboratórios e experimentos. *Notas Técnicas*, v. 11, n. 2, p. 27–37, 2022. DOI: 10.7437/nt2236-7640/2021.02.004. Disponível em: <https://revistas.cbpf.br/index.php/NT/article/view/142>. Acesso em: 16 set. 2024.

FONTENELLE, Jeovana Guimarães; ALENCAR, David Barbosa de; OLIVEIRA, Jean Mark Lobo de. Desenvolvimento de um sistema de automatização de esteira de linhas de produção utilizando microcontroladores para a separação por sistema de etiqueta de cores. *Tecnologia Cabocla*, p. 127–135, 2024. DOI: 10.29327/5366365.1-11. Disponível em: <https://alexabooks.com.br/TECNOLOGIACABOCLAEBOOK.pdf>. Acesso em: 16 set. 2024.

DE LIMA CAMPOS, Kassio G. et al. Cultura maker e automação para a agricultura familiar: proposta de irrigação de baixo custo com microcontrolador Arduino. *EmpíricaBR - Revista Brasileira de Gestão Negócio e Tecnologia da Informação*, v. 2, n. 1, 2023. DOI: 10.15628/empricabr.2022.14567. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/EmpiricaBR/article/view/14567>. Acesso em: 16 set. 2024.

MESQUITA, D. Z.; VASCONCELLOS, M. A. da S.; MEDICI, L. O.; CARVALHO, D. F. de; APARECIDO, L. E. de O. Crescimento inicial de cultivares de açaí com irrigação automatizada / Initial growth of açaí cultivars with automated irrigation. *Brazilian Journal of Development*, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 8354–8372, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n1-561. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/43556>. Acesso em: 18 set. 2024.

JUNIOR, J. C. S.; MARQUES, R. S.; RIVA, I. J.; SANTOS, A. J. G. dos. Controle inteligente de acesso e eletroeletrônicos com microcontrolador Atmega 238P objetivando a eficiência energética / Intelligent access and electronics control using microcontroller Atmega 238P seeking for energy efficiency. *Brazilian Journal of Development*, [S. l.], v. 6, n. 8, p. 63859–63867, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n8-713. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/15933>. Acesso em: 18 set. 2024.

SILVA FILHO, Sandoval Santos; GERTRUDES, João Bosco. Proposta de um sistema microcontrolado para aquisição de dados e automação de ambientes residenciais. In: ANAIS DO 14º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE, 2019, Ouro Preto. Anais eletrônicos... Campinas: Galoá, 2019.

Disponível em: <https://proceedings.science/sbai-2019/trabalhos/proposta-de-um-sistema-microcontrolado-para-aquisicao-de-dados-e-automacao-de-am?lang=pt-br>. Acesso em: 20 set. 2024.

VERZANI, R. H.; SERAPIÃO, A. B. de S. Aplicativos de smartphones e atividades físicas: contribuições e limitações. *Pensar a Prática*, Goiânia, v. 23, 2020. DOI: 10.5216/rpp.v23.59569. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/fef/article/view/59569>. Acesso em: 20 set. 2024.

LOPES, R. de J.; SOUZA, G. J. de; FERRAZ, D. de O.; SOUSA, A. L. de; MELO JÚNIOR, G. de. Desenvolvimento de bancada didática de automação residencial. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, [S. l.], v. 16, n. 6, p. e4587, 2024. DOI: 10.55905/cuadv16n6-158. Disponível em: <https://ojs.europublications.com/ojs/index.php/ced/article/view/4587>. Acesso em: 21 set. 2024.

FILHO, A. A.; GERTRUDES, L. Proposta de um sistema microcontrolado para aquisição de dados e automação de ambientes residenciais. *Revista Brasileira de Automação e Controle*, v. 5, n. 2, p. 112–120, 2019. DOI: 10.17648/sbai-2019-111586. Disponível em: <https://proceedings.science/sbai-2019/trabalhos/proposta-de-um-sistema-microcontrolado-para-aquisicao-de-dados-e-automacao-de-am?lang=pt-br>. Acesso em: 25 out. 2024.

AMORIM, R. F.; SILVA, J. R.; OLIVEIRA, M. Sistema para controle e monitoramento de ambientes utilizando internet das coisas. *Revista Brasileira de Automação e Controle*, v. 5, n. 3, p. 78–85, 2019. DOI: 10.17648/sbai-2019-111182. Disponível em: <https://proceedings.science/sbai-2019/trabalhos/sistema-para-controle-e-monitoramento-de-ambientes-utilizando-internet-das-coisa?lang=pt-br>. Acesso em: 25 out. 2024.

NASCIMENTO, J. M.; FETTERMANN, J. Customização em massa de itens para automação residencial em edifícios habitacionais. *Revista Brasileira de Tecnologia*, v. 10, n. 1, p. 34–50, 2019. DOI: 10.5151/cbgdp2019-37. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/33569>. Acesso em: 25 out. 2024.

LEITE, A. B.; SILVA, T. R.; COSTA, F. Uso da energia solar associada à automação residencial e da energia tradicional: estudo comparativo. *Revista Brasileira de Energia*, v. 19, n. 1, p. 220–230, 2022. DOI: 10.46421/entac.v19i1.2208. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2208>. Acesso em: 25 out. 2024.

MOREIRA, A. et al. Contribuições do Arduíno no Ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 35, n. 3, p. 721, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2018v35n3p721>. Acesso em: 10 nov. 2024.

CASTRO, J.; MESTRIA, L. Um sistema de controle e monitoramento de temperatura que utiliza a Internet das Coisas. *Revista Foco*, v. 16, n. 2, 2023. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/994>. Acesso em: 10 nov. 2024.

FILHO, J. et al. Plataforma Arduino aplicada no desenvolvimento de um sistema de coleta de dados micro-ambientais em casas de vegetação. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v. 15, n. 2, p. 190-206, 2021. Disponível em: <https://seer.cloud.prodb.com.br/index.php/BIOENG/article/view/1018>. Acesso em: 10 nov. 2024.

STEIN, A. N.; SOUZA, M. A. d. O ambiente escolar como lugar do desenvolvimento profissional docente. *Pesquisas e Inovações em Ciências Humanas e Sociais: Produções Científicas Multidisciplinares no Século XXI*, v. 1, p. 1013-988, 2022. Disponível em: [https://institutoscientia.com/wp-content/uploads/2022/09/capitulo-humanas\\_3-60.pdf](https://institutoscientia.com/wp-content/uploads/2022/09/capitulo-humanas_3-60.pdf). Acesso em: 15 nov. 2024.

TAPAJÓS SANTOS MOREIRA, L.; BERNARDO LOUREIRO, C. F. Análise crítica do discurso do documento diretrizes de aprendizagem dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) no currículo da cidade de São Paulo. *Revista Sergipana de Educação Ambiental*, v. 10, p. 1-15, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufs.br/revisea/article/view/19650>. Acesso em: 15 nov. 2024

**DIOGO MILLNITZ**

**ESTUDO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL INTEGRADO COM  
ESP32 PARA ACIONAMENTO VIA SMARTWATCH**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Bacharel em Engenharia Elétrica, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.

Joinville, 05 de fevereiro de 2025.



Prof. André Bonetto Trindade, Me  
Orientador  
Instituto Federal de Santa Catarina



Prof. Nivaldo Theodoro Schieffler Junior, Dr  
Instituto Federal de Santa Catarina



Prof. Rafael Gomes Faust, Me  
Instituto Federal de Santa Catarina