

UM SISTEMA DE MONITORAMENTO INTELIGENTE DE INFRAESTRUTURA PREDIAL

1. INTRODUÇÃO

Este projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de monitoramento inteligente para condomínios, utilizando tecnologias de Internet das Coisas (IoT) para acompanhar em tempo real aspectos essenciais da infraestrutura predial. O sistema monitora três áreas principais: o nível da caixa d'água, o consumo de energia elétrica e a abertura do portão principal, oferecendo maior controle, segurança e eficiência operacional para a administração do condomínio.

O sistema de monitoramento da caixa d'água utiliza um sensor ultrassônico acoplado a um microcontrolador ESP32 para medir o nível de água em tempo real. As medições são realizadas continuamente, garantindo um acompanhamento preciso. O ESP32 processa os dados obtidos e identifica variações inesperadas no nível. Essas variações podem indicar possíveis vazamentos no reservatório. Ao detectar anomalias, o sistema pode acionar alertas visuais ou sonoros. Isso permite uma resposta rápida para evitar o desperdício de água.

No controle de acesso, um sensor de fim de curso monitora a abertura e fechamento do portão, informando o status em tempo real. Este sensor também está ligado a um ESP32, responsável por processar os dados localmente e enviá-los para a nuvem. Já o monitoramento do consumo de energia elétrica é feito por meio de um sensor de corrente, conectado a um microcontrolador ESP32. Esse sensor registra o uso de energia no condomínio, permitindo análises que podem identificar picos de consumo, possibilitar economia e prevenir falhas na rede elétrica.

Todos os dispositivos se comunicam com um gateway central, que por sua vez envia os dados para a nuvem utilizando o protocolo MQTT, permitindo o acesso remoto por meio de um aplicativo móvel. Com isso, os usuários podem acompanhar o estado do sistema de forma prática e em tempo real, de qualquer lugar.

O principal objetivo deste projeto é oferecer uma solução acessível, eficiente e automatizada para o gerenciamento de recursos essenciais em condomínios, promovendo sustentabilidade, segurança e maior comodidade para os moradores e administradores.

2. OBJETIVOS

O projeto tem como objetivo principal desenvolver um sistema de monitoramento inteligente para infraestrutura predial, com foco em condomínios residenciais ou comerciais, utilizando tecnologias de Internet das Coisas (IoT) para garantir maior eficiência, segurança e autonomia na gestão de recursos essenciais.

Objetivos Específicos:

- Monitorar o nível da caixa d'água em tempo real.
- Controlar o acesso físico ao condomínio.
- Monitorar o consumo de energia elétrica

- Centralizar a coleta e transmissão de dados.
- Disponibilizar uma interface remota de visualização.
- Promover a sustentabilidade e a modernização da gestão condominial.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. ARQUITETURA

O presente sistema propõe o monitoramento e controle de dispositivos físicos por meio de nós baseados no microcontrolador ESP32, comunicando-se com o Gateway via WIFI conforme mostra a Figura 1.

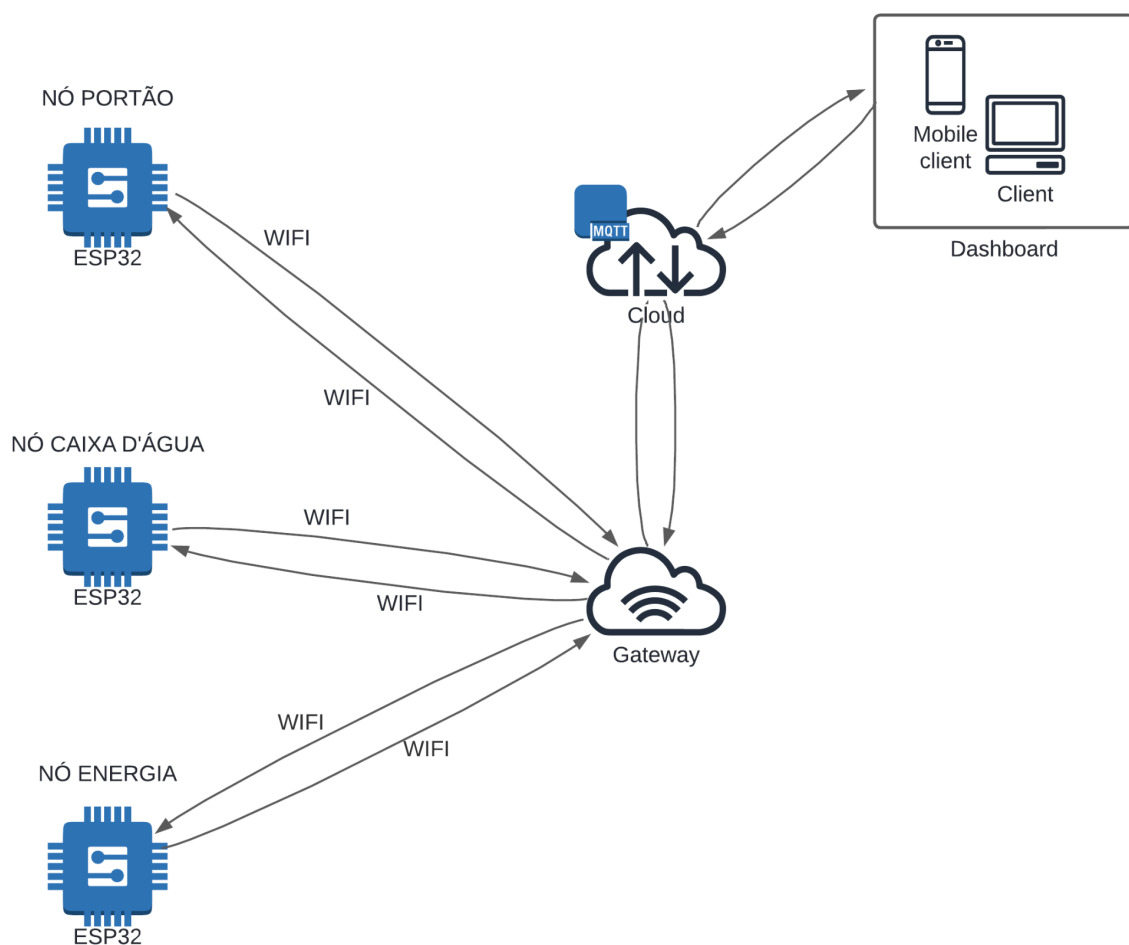


Figura 1. Arquitetura do projeto

3.1.1. NÓ DO PORTÃO

O nó do portão é responsável pela supervisão da posição de um portão automatizado, utilizando um sensor de fim de curso do tipo reed switch (Figura 2).

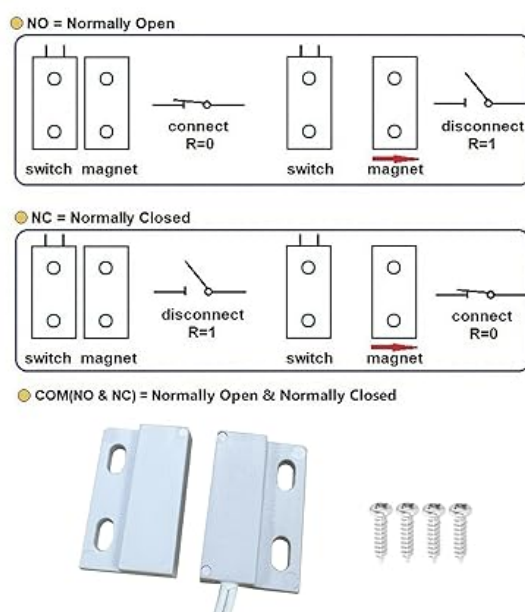


Figura 2. Sensor de fim de curso e diferenças entre NO (Normally Open) e NC (Normally Closed)¹.

Esse sensor opera em um estado normalmente aberto, fechando o circuito quando um campo magnético proveniente de um ímã é aplicado sobre ele, o que permite detectar a posição de abertura ou fechamento do portão.

O sinal gerado por esse sensor é lido por um microcontrolador ESP32, que alimentado por uma bateria de 5V realiza a comunicação com o sensor e transmite os dados ao gateway via rede Wi-Fi (Figura 3), possibilitando o monitoramento remoto do estado do portão.

A taxa de atualização deste nó é baseada em eventos (event-driven), ou seja, os dados são transmitidos sempre que ocorre uma mudança de estado no sensor (por exemplo, ao abrir ou fechar o portão), o que reduz o tráfego na rede e economiza energia.

¹ Disponível em:

<https://www.amazon.com/Magnetic-Normally-Cabinet-Contact-Plastic/dp/B0CPLFT1QF>

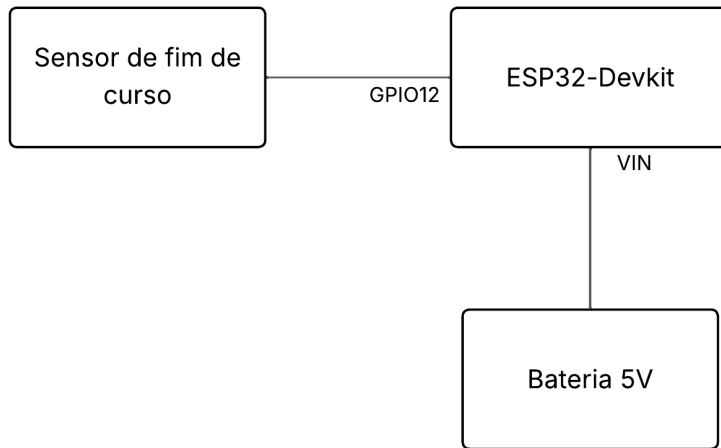


Figura 3. Diagrama de blocos do nó do portão.

Um dos terminais do sensor é ligado na entrada GPIO 12 do ESP32, e conectado a um resistor de 1KOhm com o terra, no formato de uma chave pulldown (Figura 4). O outro terminal é ligado à mesma bateria de 5V que o microcontrolador.

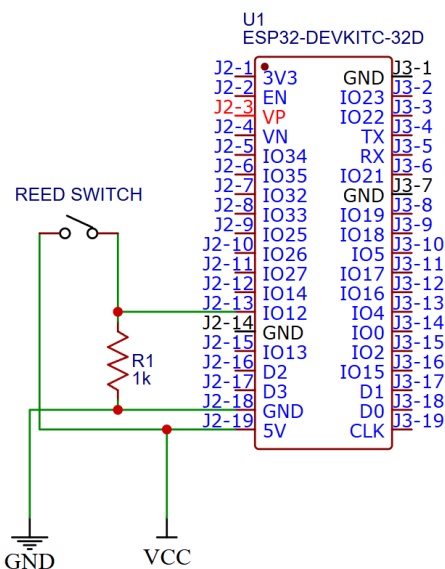


Figura 4. Esquemático do nó do portão

3.1.2. NÓ DA CAIXA D'ÁGUA

Esse nó é dedicado ao gerenciamento do nível em uma caixa d'água. Para isso, emprega-se um sensor ultrassônico do modelo HC-SR04, amplamente utilizado em aplicações embarcadas devido à sua precisão e baixo custo.

O sensor funciona enviando automaticamente oito pulsos de ultrassom a uma frequência de 40kHz e detectando se há um sinal de retorno. Caso o sinal retorne, o pino de saída do sensor permanece em nível alto por um período de tempo proporcional à distância entre o sensor e o objeto refletor (Figura 5). Esse tempo em nível alto representa o intervalo entre o envio do pulso e o recebimento do eco. A distância até o objeto pode ser calculada utilizando a fórmula: $\text{Distância} = (\text{tempo em nível alto} \times \text{velocidade do som (340 m/s)}) / 2$, considerando que o som percorre o caminho de ida e volta até o obstáculo.

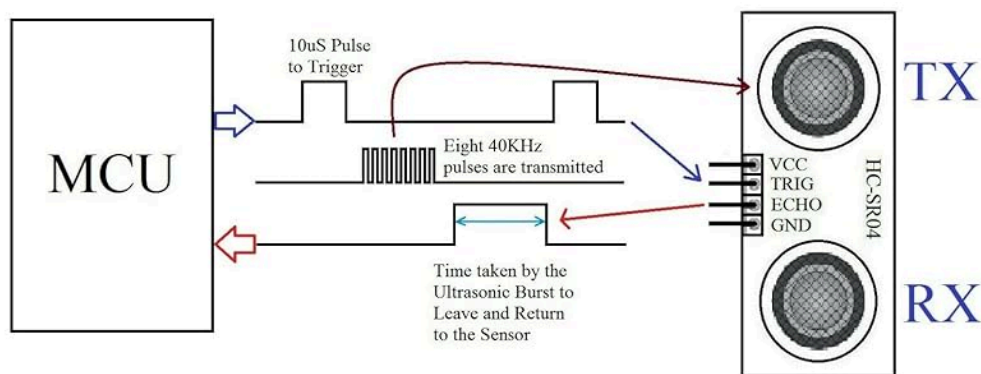


Figura 5. Módulo HC-SR04²

Assim como no nó do portão, este nó também utiliza um microcontrolador ESP32, que realiza a aquisição dos dados dos sensores por meio da entrada GPIO (Figura 6). O microcontrolador atua como interface entre o sensor e a nuvem, realizando o envio contínuo das informações para o gateway central do sistema via Wi-Fi.

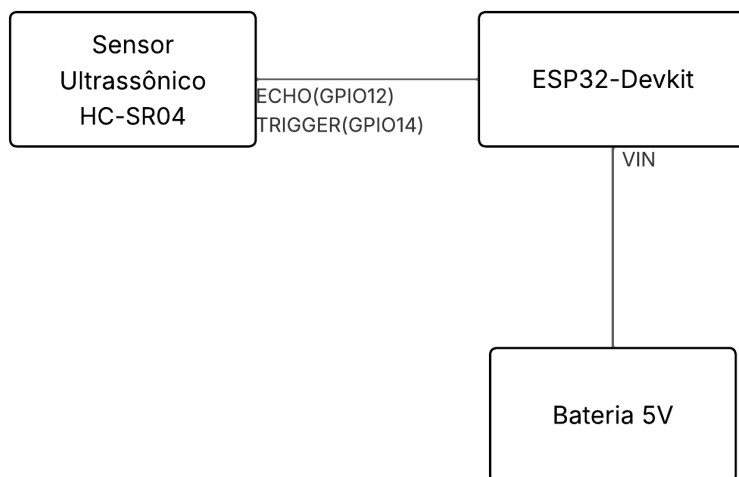


Figura 6. Diagrama de blocos do nó de caixa d'água

O sensor ultrassônico HC-SR04 possui quatro pinos: dois para alimentação (VCC e GND) e dois para comunicação (Trigger e Echo). Neste projeto, os pinos Trigger e Echo serão conectados ao ESP32 utilizando os pinos GPIO 14 e GPIO 12, respectivamente (Figura 7).

² Disponível em:

<https://www.amazon.com/WWZMDiB-HC-SR04-Ultrasonic-Distance-Measuring/dp/B0B1MJLJP>

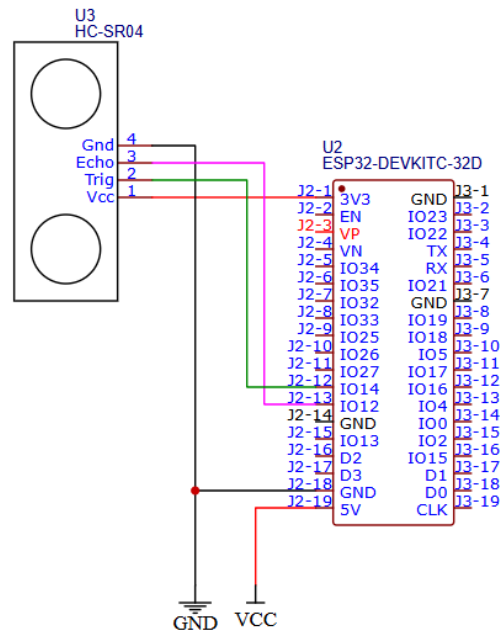


Figura 7. Esquemático: do sensor ultrassônico HC-SR04.

A taxa de atualização para esse nó será a cada 2 minutos, permitindo uma resposta rápida a um possível vazamento e permitindo o monitoramento preciso via Dashboard.

3.1.3. NÓ DA ENERGIA

O nó é responsável pelo monitoramento do consumo de energia elétrica do prédio. Neste caso, será utilizado um sensor invasivo de corrente do tipo ACS712, escolhido por seu baixo custo e facilidade de integração com microcontroladores.

O ACS712 (Figura 8) fornece uma saída analógica proporcional à corrente elétrica que atravessa seu terminal de entrada, possibilitando a medição tanto de corrente alternada quanto contínua.

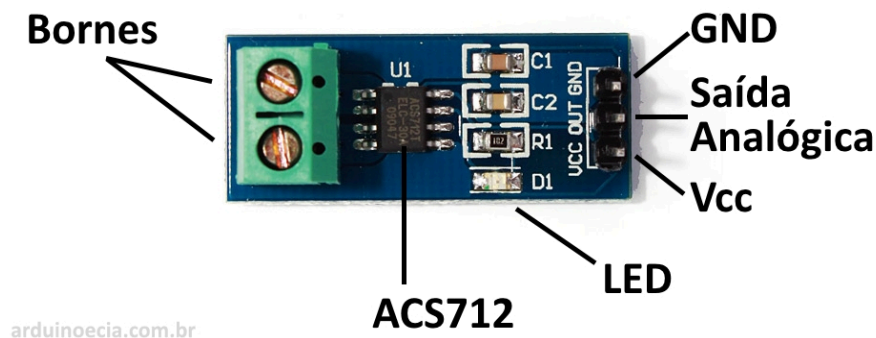


Figura 8. Módulo sensor de corrente ACS712³.

O sinal analógico será lido pelo microcontrolador ESP32 por meio de uma entrada ADC (Conversor Analógico-Digital), e processado para estimar a potência elétrica com base em valores de referência configurados (Figura 9).

³ Disponível em: <https://www.arduinoecia.com.br/como-usar-o-sensor-de-corrente-ac712>

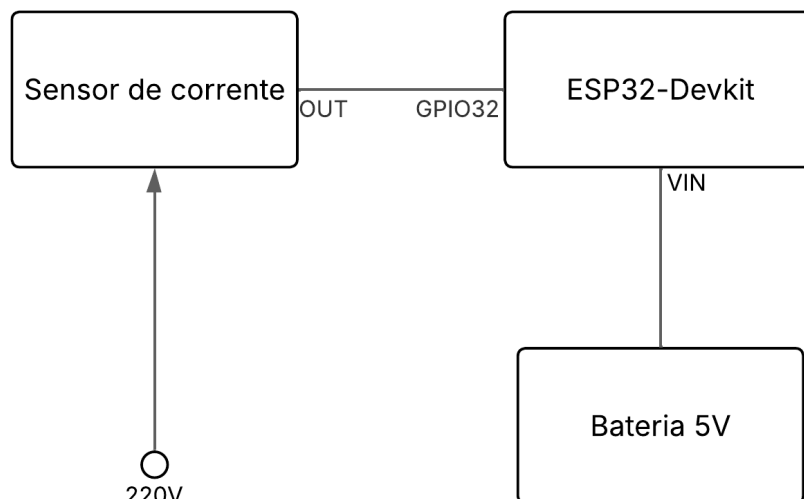


Figura 9. Diagrama de blocos do nó sensor de corrente

O microcontrolador fará amostragens em alta frequência localmente (entre 50 e 100 amostras por segundo), mas enviará valores médios ou agregados ao servidor MQTT em intervalos de aproximadamente 5 minutos, otimizando a largura de banda e o desempenho do sistema. Isso possibilita o acompanhamento remoto em tempo real do perfil de uso da energia elétrica no edifício.

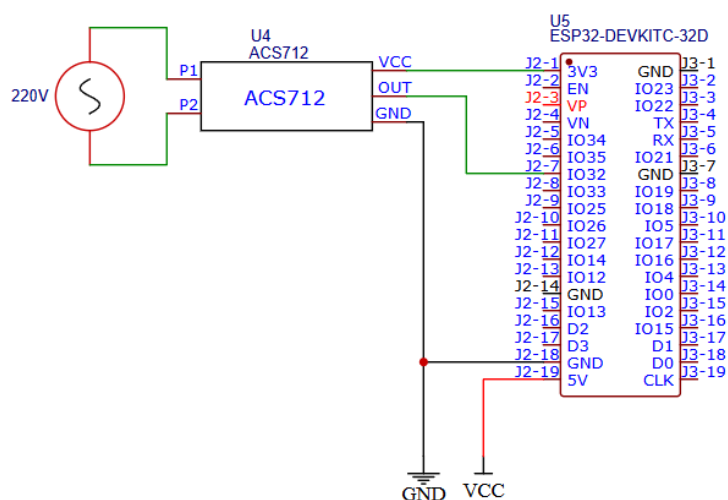


Figura 10. Esquemático Sensor de corrente

O sensor é ligado à rede elétrica de 220V através de dois bornes (fase e neutro), e ao microcontrolador serão ligados três terminais, os de alimentação (VCC e GND) e o que transmite a leitura do sensor, o terminal OUT, que será ligado à GPIO 32 (Figura 10).

3.2. SERVIDOR MQTT

O servidor MQTT, conhecido como broker, é o responsável por intermediar a comunicação entre os sensores do sistema e o painel de visualização. Ele recebe as mensagens enviadas pelos dispositivos (como dados do nível da água, consumo de energia e status do portão) e as repassa para quem estiver inscrito nos respectivos tópicos. Neste projeto, será utilizado o

HiveMQ, um broker MQTT baseado na nuvem, conhecido pela estabilidade e facilidade de uso em aplicações IoT. O HiveMQ permite o acesso remoto aos dados em tempo real, o que é ideal para a proposta do sistema. Os tópicos são organizados por áreas, como "condominio/agua", "condominio/portao" e "condominio/energia", facilitando a filtragem das informações. O protocolo MQTT é leve e eficiente, ideal para os recursos do ESP32, e com o HiveMQ é possível configurar autenticação e segurança por TLS para proteger os dados transmitidos.

3.3. DASHBOARD

O sistema contará com um gateway central, que será implementado por meio de um roteador Wi-Fi convencional modelo Huawei WiFi AX2S. Esse roteador será responsável por estabelecer e manter a rede local sem fio, à qual todos os nós baseados em ESP32 estarão conectados. Além de atuar como ponto de acesso, o gateway servirá como intermediário entre os nós sensores/atuadores e a internet, encaminhando os dados coletados para a nuvem.

Para visualização, gerenciamento e análise dos dados em tempo real, será disponibilizado um dashboard em plataforma na nuvem, acessível por dispositivos conectados à internet, como smartphones, tablets e computadores. A comunicação entre os nós e o dashboard será feita por meio do protocolo MQTT, utilizando o broker HiveMQ para envio e recebimento das mensagens. Cada nó publica seus dados em tópicos específicos, e o dashboard se inscreve nesses tópicos para exibir as informações em tempo real.

Essa interface permitirá ao usuário monitorar o estado dos sensores (portão, nível da caixa d'água, corrente elétrica), além de visualizar gráficos históricos de consumo e níveis. A interface será atualizada em conformidade com as taxas de envio dos dados de cada nó, garantindo uma visualização fluida, precisa e atualizada do estado do sistema.

3.4. TIPOS DE REDES

No sistema proposto, será utilizada uma rede local sem fio (WLAN) como principal meio de comunicação entre os nós sensores/atuadores e o servidor MQTT. A escolha pelo uso de Wi-Fi se justifica pela ampla disponibilidade, baixo custo, facilidade de integração com os microcontroladores ESP32 e capacidade de transmitir dados diretamente para a internet sem necessidade de infraestrutura adicional.

Essa WLAN será estruturada com o uso de um roteador Wi-Fi convencional, o Huawei WiFi AX2S, que atuará como ponto de acesso (Access Point) para todos os dispositivos ESP32. Além disso, o roteador também funcionará como gateway, conectando a rede local à internet e permitindo que os dados dos sensores sejam enviados para a nuvem via protocolo MQTT. Isso torna possível o monitoramento remoto e em tempo real das condições da infraestrutura do edifício.

3.5. TIPOS DE PROTOCOLOS

A arquitetura do sistema embarcado utiliza dois principais recursos de comunicação: Wi-Fi para conectividade com a rede local e internet, e o protocolo MQTT para envio eficiente de dados à nuvem.

O Wi-Fi será a tecnologia de rede empregada para conectar cada microcontrolador ESP-WROOM-32 ao gateway central (roteador), possibilitando que os dados dos sensores cheguem à internet de forma rápida e sem necessidade de cabeamento adicional. Essa escolha se justifica pela ampla disponibilidade, fácil configuração e compatibilidade com o ESP32.

Já o MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) será o protocolo de aplicação responsável pela troca de mensagens entre os dispositivos sensores (nós) e o dashboard hospedado na nuvem. Por ser leve, robusto e projetado para ambientes com recursos limitados, o MQTT garante uma comunicação eficiente mesmo com conexões instáveis ou intermitentes.