

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 DO SISTEMA

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 Wi-Fi. Essa arquitetura segue o padrão de redes IoT, em que sensores coletam dados locais e os transmitem para processamento remoto, conforme mostra a Figura 1.

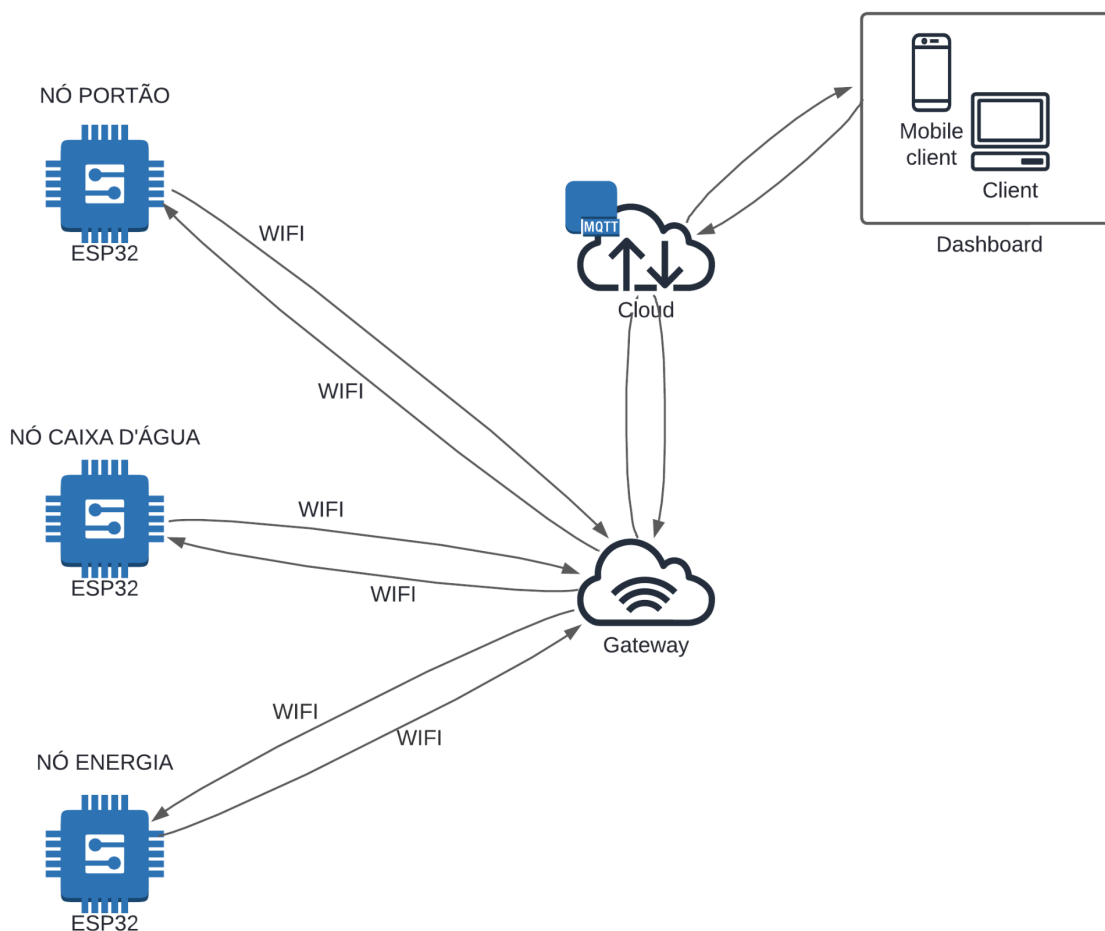


Figura 1. Arquitetura do sistema

3.2. NÓ DO PORTÃO – SENSOR REED SWITCH

O nó do portão utiliza um sensor de fim de curso do tipo reed switch (Figura 2), que opera em estado normalmente aberto, que se fecha na presença de um campo magnético, permitindo detectar a proximidade de um ímã.

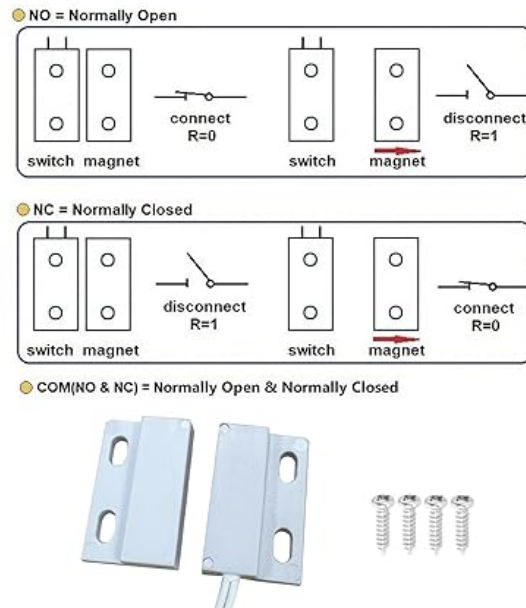


Figura 2. Sensor de fim de curso e diferenças entre NO (Normally Open) e NC (Normally Closed)¹.

Esses sensores são amplamente aplicados em sistemas de alarme e controle de acesso por serem confiáveis, baratos e de fácil instalação.

3.3. NÓ DA CAIXA D'ÁGUA – SENSOR ULTRASSÔNICO HC-SR04

O sensor ultrassônico HC-SR04 (Figura 3) é utilizado para medir distâncias com base na emissão de ondas sonoras de alta frequência (40 kHz).

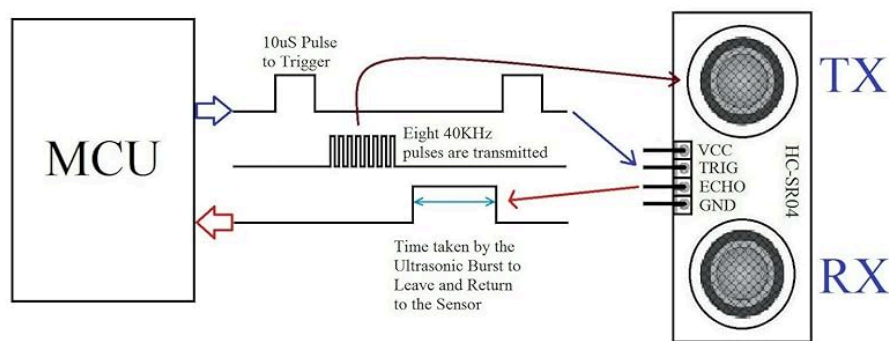


Figura 3. Módulo HC-SR04²

O módulo envia oito pulsos ultrassônicos, calcula o tempo de retorno (eco) e, utilizando a fórmula ($\text{distância} = (\text{tempo em nível alto} \times \text{velocidade do som (340 m/s)}) / 2$) que determina a distância em centímetros até o obstáculo.

Possui alcance de aproximadamente 2 a 400 cm e precisão de ± 3 mm. É muito usado em robótica, automação e medição de nível de líquidos devido ao seu baixo custo e facilidade de uso.

¹ Disponível em: <https://www.amazon.com/Magnetic-Normally-Cabinet-Contact-Plastic/dp/B0CPLFT1QF>

² Disponível em:

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

3.4. NÓ DA ENERGIA – SENSOR DE CORRENTE ACS712

O ACS712 (Figura 4) é um sensor de corrente baseado em efeito Hall, capaz de medir corrente alternada (AC) ou contínua (DC) até 5A, 20A ou 30A conforme o modelo.

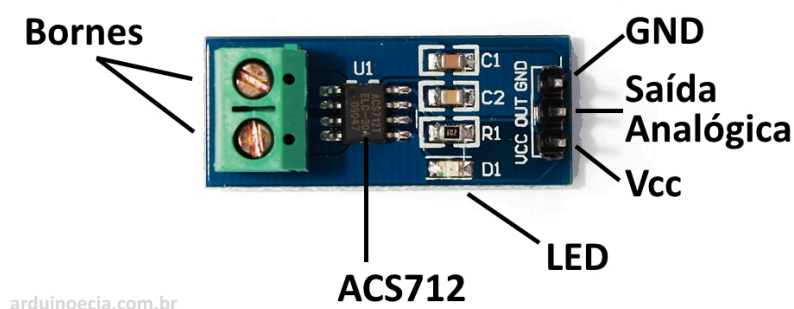


Figura 4. Módulo sensor de corrente ACS712³.

Sua saída é analógica e proporcional à corrente medida. O sensor é isolado eletricamente do circuito principal, oferecendo segurança adicional, sendo comum em projetos de monitoramento de consumo elétrico.

3.5. SERVIDOR MQTT

O MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) é um protocolo de comunicação leve baseado em publicação/assinatura (pub/sub), ideal para dispositivos IoT com recursos limitados. Um broker MQTT, como o HiveMQ utilizado neste projeto, recebe as mensagens publicadas pelos sensores e as distribui aos assinantes correspondentes, permitindo comunicação assíncrona, escalável e eficiente.

3.6. DASHBOARD

Para visualização dos dados em tempo real, utiliza-se um dashboard baseado em nuvem, que se conecta ao broker MQTT e exibe as informações publicadas pelos nós sensores em gráficos, indicadores e tabelas. Essa interface facilita a interpretação dos dados pelos administradores e moradores do condomínio.

3.7. TIPOS DE REDES

O projeto utiliza WLAN (Wi-Fi) como rede local sem fio, escolhida pela compatibilidade com o ESP32, facilidade de implementação e disponibilidade em ambientes prediais, garantindo comunicação estável e de baixo custo.

3.8. TIPOS DE PROTOCOLOS

Na camada de aplicação, é empregado o protocolo MQTT, garantindo confiabilidade na transmissão dos dados dos sensores para a nuvem, mesmo em redes com largura de banda limitada ou instabilidades momentâneas.

4. METODOLOGIA

4.1. MATERIAIS UTILIZADOS

- Microcontroladores: ESP32 DevKit (3 unidades)
- Sensores:
 - Reed switch + ímã (portão)
 - HC-SR04 (nível de água)
 - ACS712 20A (corrente elétrica)

³ Disponível em: <https://www.arduinoecia.com.br/como-usar-o-sensor-de-corrente-acs712>

- Componentes adicionais: resistores 10 kΩ, jumpers, protoboard, fonte 5V 2A
- Rede: Roteador Huawei WiFi AX2S
- Broker MQTT: HiveMQ (versão cloud gratuita)
- Dashboard:
- Software de programação: VSCode com extensão PlatformIO utilizando a biblioteca Arduino

4.2. PROCEDIMENTOS DE IMPLEMENTAÇÃO

4.2.1. Montagem do nó do portão

O nó do portão consiste em 3 elementos, o sensor de fim de curso, o microcontrolador Esp32 e uma bateria de 5 volts. O sensor de fim de curso está conectado ao Esp32 que, por sua vez, está sendo alimentado pela bateria, conforme mostra o diagrama de blocos da Figura 5.

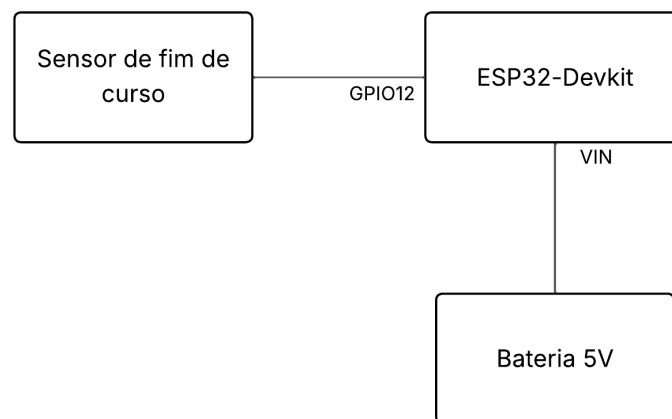


Figura 5. Diagrama de blocos do nó do portão.

Um dos terminais do sensor é ligado na entrada GPIO 32 do ESP32, e conectado a um resistor de 10kΩ com o GND, no formato de uma chave pulldown. O outro terminal é ligado à mesma bateria de 5V que o microcontrolador.

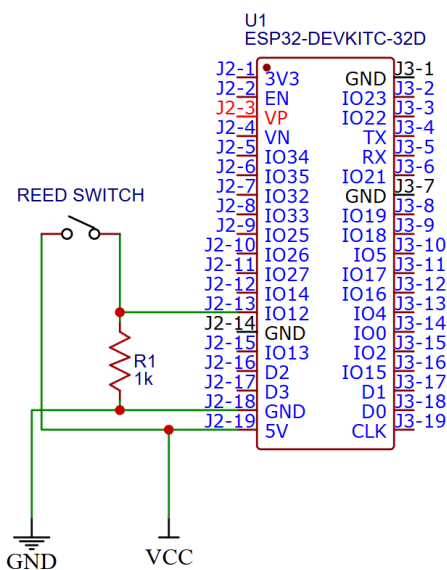


Figura 6. Esquemático do nó do portão

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.

4.2.2. Montagem do nó da caixa d'água

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 7). 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.

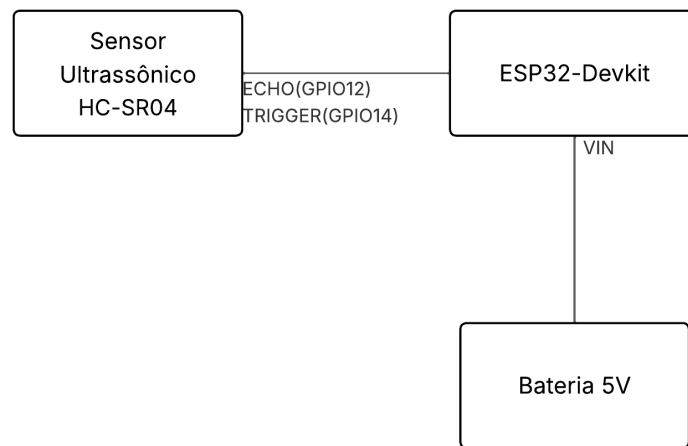


Figura 7. Diagrama de blocos do nó de caixa d'água

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, conforme mostra o esquema da Figura 8..

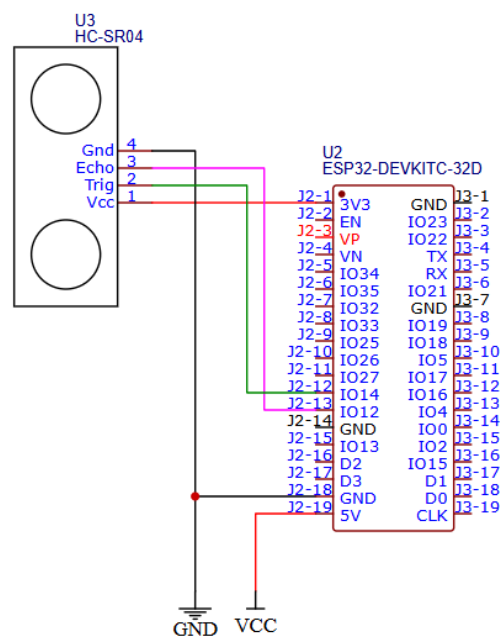


Figura 8. Esquemático nó da caixa d'água

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.

4.2.3. Montagem do nó de energia

O nó é responsável pelo monitoramento do consumo de energia elétrica do prédio. Neste caso, será utilizado o sensor ACS712. O sinal analógico será lido pelo microcontrolador ESP32 por meio de uma GPIO, e processado para estimar a potência elétrica com base em valores de referência configurados (Figura 9).

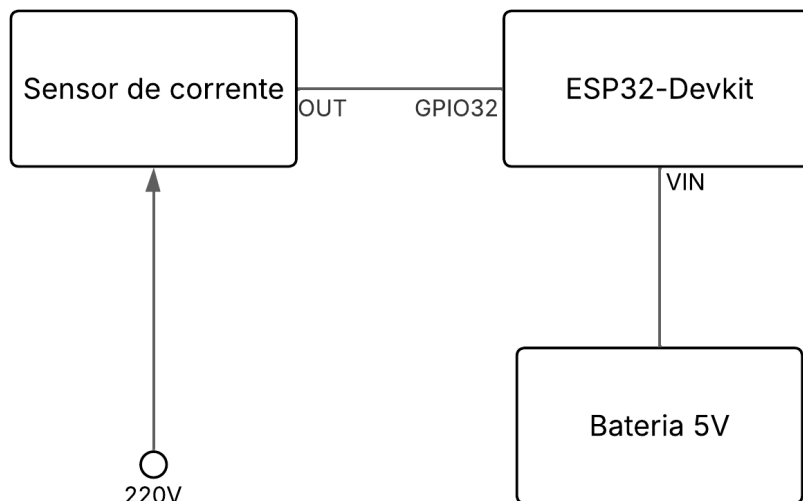


Figura 9. Diagrama de blocos do nó sensor de corrente

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, conforme mostra a Figura 10.

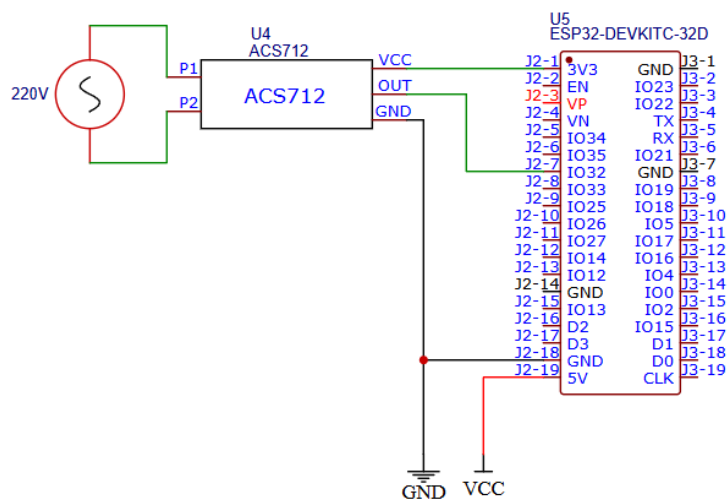


Figura 10. Esquemático Sensor de corrente

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.

4.2.4. Configuração do broker MQTT (HiveMQ)

Criação de conta gratuita no HiveMQ. Configuração dos tópicos: sensor/caixa, sensor/portao e sensor/energia. Teste de publicação e assinatura via MQTT Explorer para validar a comunicação.

4.2.5. Configuração do dashboard

Criação dos dashboards com gráficos para nível da caixa d'água, status do portão (aberto/fechado) e consumo de energia. Inscrição nos tópicos MQTT para atualização em tempo real.