



Irrigação Automatizada por meio da Internet das coisas

Lucas Elias Cardoso e Silva, Willian França Costa

¹Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)
Rua da Consolação, 930 Consolação, São Paulo - SP, 01302-907 – Brazil

10414552@mackenzista.com.br

Abstract. *This paper presents the development of an automated irrigation system using a Hygrometer Soil Moisture Sensor, which detects soil conditions and, through the NodeMCU ESP8266 WiFi Module, transmits the irrigation command based on the detected state, automatically. The system is programmed so that when the soil is identified as dry, the red LED turns on and irrigation is activated, whereas if the soil is moist, the green LED lights up, indicating favorable conditions and preventing irrigation. These conditions are also displayed in the MQTT Dash app for remote monitoring. This system enables continuous monitoring of plant irrigation, ensuring that the “ideal” state for plant health is consistently maintained.*

Resumo. *Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizada utilizando um Sensor de Umidade do Solo Higrômetro, que detecta as condições do solo e, por meio do Módulo WiFi NodeMCU ESP8266 (Figura 1), envia automaticamente o comando de irrigação conforme a condição detectada. O sistema foi programado para que, ao identificar o solo em estado seco, o LED vermelho acenda e a irrigação seja ativada, enquanto, caso esteja úmido, o LED verde se acenda, indicando boas condições e evitando a irrigação. Essas informações também são apresentadas no aplicativo MQTT Dash, permitindo monitoramento remoto. Com isso, o sistema possibilita o acompanhamento contínuo da irrigação das plantas, garantindo que o estado "ideal" para o desenvolvimento vegetal seja mantido.*

1. Introdução

O cotidiano acelerado das grandes cidades, especialmente nas metrópoles, é marcado por trânsito intenso, longas jornadas de trabalho e pouco tempo disponível para atividades de lazer. Esse estilo de vida faz com que a sociedade urbana contemporânea dedique menos atenção aos cuidados essenciais com alimentação e saúde. De acordo com FLÁVIA M. V. T. CLEMENTE e LENITA LIMA HABER (2012), todos os seres vivos, sejam animais ou vegetais, necessitam de água para sobreviver, crescer e se reproduzir. Em plantas herbáceas, como a maioria das hortaliças, a água pode representar cerca de 80% do seu peso, enquanto em plantas lenhosas, como as árvores, esse percentual é de aproximadamente 50%.

Diante dessa rotina intensa e das frequentes ausências, a irrigação das plantas muitas vezes acaba sendo negligenciada, o que compromete sua sobrevivência. Com base nesse problema, este artigo apresenta um sistema de irrigação automatizado utilizando IoT, cujo objetivo principal é monitorar as condições do solo, identificando estados de seca e umidade por meio de LEDs, além de exibir essas informações em um painel de controle. O sistema realiza a irrigação automaticamente, eliminando a necessidade de intervenção humana constante e permitindo ausências prolongadas sem comprometer a manutenção das plantas, visto que a automação se encarrega do processo.

2. Materiais e Métodos

Para a implementação deste projeto, são necessários os seguintes componentes:

- 1) 1 Módulo WiFi NodeMCU ESP8266. Trata-se de uma placa de desenvolvimento que integra o chip ESP8266, uma interface USB-Serial e um regulador de tensão de 3,3V.



Figura 1. Módulo WiFi ESP8266 NodeMcu

Fonte: Site de compras robocore

- 2) 1 Sensor de Umidade do Solo Higrômetro. Esse sensor é projetado para detectar variações na umidade do solo, indicando estado alto quando o solo está seco e estado baixo quando está úmido.

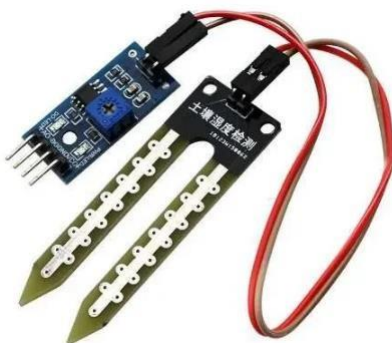


Figura 3. Sensor de Umidade do Solo Higrômetro

Fonte: Site de compras a2robotics

- 3) 1 Mini Bomba de Água 5V, capaz de impulsionar entre 80L e 120L por hora. Essa bomba submersa é ideal para projetos de automação, incluindo automação residencial, e é compatível com Arduino, Raspberry Pi e outros.



Figura 3. Mini Bomba Submersível p/ Água

Fonte: Site de compras a2robotics

- 4) 1 Módulo Relé 3V 1 Canal, um módulo de acionamento que possibilita a integração com diversos sistemas microcontroladores, como Arduino, ESP32, ESP8266, Raspberry Pi, entre outros.



Figura 2. Módulo Relé 3V 1 Canal

Fonte: Site de compras usinainfo

- 5) 1 Protoboard para realizar a montagem do circuitos.

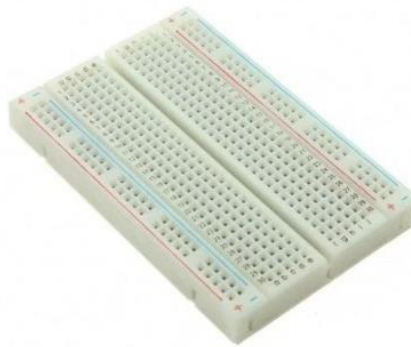


Figura 5. Protoboard 400 Pontos

Fonte: Site de compras eletrogate

- 6) Jumpers de diversos tipos (macho-macho, macho-fêmea e fêmea-fêmea). Esses componentes são responsáveis por conectar, desviar ou interromper o fluxo elétrico, permitindo a configuração adequada do circuito conforme as necessidades do projeto.



Figura 6. Cabos Jumpers - Diversos

Fonte: Site de compras Mercado Livre

- 7) LED Difuso 5mm, sendo 1 vermelho e 1 verde. Esses LEDs são utilizados no protoboard para indicar a condição do solo, onde o LED vermelho representa solo seco e o LED verde indica solo úmido.



Figura 7. LED Difuso 5mm

Fonte: Site de compras a2robotics

- 8) 2 Cabos USB, sendo um do tipo C e outro de qualquer tipo, desde que com saída macho. O cabo tipo C será utilizado para conectar o NodeMCU ao computador, enquanto o outro servirá para a alimentação externa da bomba de água.



Figura 8. Cabo USB

Fonte: Site de compras Mercado Livre

Métodos

No Sistema de Irrigação Automática, o NodeMCU ESP8266 desempenha um papel fundamental na coleta dos dados de umidade do solo, transmitindo essas informações para um dashboard para monitoramento em tempo real. Além disso, o NodeMCU é responsável pelo controle automático da irrigação, garantindo que o processo ocorra de acordo com as condições do solo, sem a necessidade de intervenção manual como ilustrado na figura 9.



Figura 9. Diagrama do processo

Fonte: Elaborado pelo autor

A configuração foi realizada com base no diagrama do circuito utilizando o NodeMCU-ESP8266 e o sensor, conforme ilustrado na figura 10.

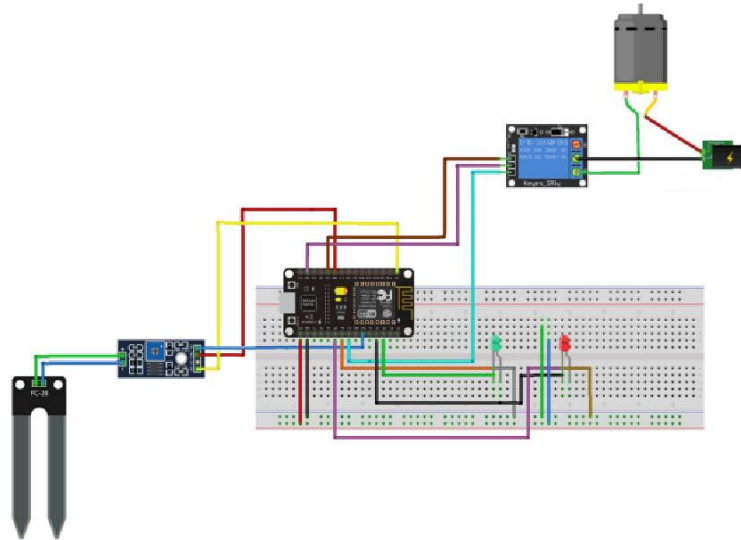


Figura 10. Esquema montagem Fritzing

Fonte: Elaborado pelo autor

A automação foi implementada utilizando **linguagem C** na plataforma **Arduino IDE**, responsável pela leitura dos sensores, tomada de decisão para o acionamento da irrigação e ativação do modo de hibernação do **NodeMCU ESP8266**.

O código completo e comentado está disponível no repositório do projeto:

[<https://github.com/lusxcaz/IrrigacaoAutomatizada>].

Além disso, uma **demonstração prática em vídeo** do sistema funcionando pode ser acessada em: [<https://youtu.be/M2FlXNyD050>].

O **loop() principal** do código implementa a lógica de controle, responsável por:

- Verificar se o dispositivo está conectado ao broker MQTT;
- Ler os valores do sensor de umidade do solo (higrômetro);
- Determinar se o solo está seco ou úmido com base em um limiar de valor analógico;
- Ativar ou desativar a bomba de irrigação e os LEDs indicadores;
- Enviar o status do solo ao broker MQTT via tópico jardim/bomba.

Trecho do código-fonte responsável pela lógica:

```
void loop() {

    if (!client.connected()) {
        Serial.print("Passou no Connected");
        reconnect();
    }

    Serial.print(valor_analogico);
    //Lendo o valor do pino A0 do sensor para detecção
    valor_analogico = analogRead(pino_sinal_analogico);

    //Mostrando o valor da porta analógica no serial monitor
    Serial.print("Porta analogica: ");
    Serial.print(valor_analogico);

    //Definindo o parâmetro para um Solo úmido, acendendo o LED VERDE
    if (valor_analogico >= 0 && valor_analogico < 500)
    {
        Serial.println("Status: Solo umido");
        Serial.println(valor_analogico);

        digitalWrite (pino_led_vermelho, LOW);
        digitalWrite (pino_led_verde, HIGH);
        digitalWrite (pino_bomba, LOW);

        //Enviando Mensagem ao Broker
        sprintf(mensagem, "0"); //Definindo o valor zero como parâmetro para o
Broker mostrar uma imagem "verde"
        Serial.print("Mensagem enviada: ");
        Serial.println(mensagem);
        client.publish("jardim/bomba", mensagem);
        Serial.println("Mensagem enviada com sucesso...");
    }

    //Definindo o parâmetro para um Solo Seco, acendendo o LED VERMELHO e
acionando a bomba
    if (valor_analogico >= 500 && valor_analogico <= 1024)
    {
        Serial.println(" Status: Solo seco");

        digitalWrite (pino_led_verde, LOW);
        digitalWrite (pino_led_vermelho, HIGH);
        digitalWrite (pino_bomba, HIGH);

        //Enviando Mensagem ao Broker
```

```

    sprintf(mensagem, "1"); //Definindo o valor UM como parâmetro para o
Broker mostrar uma imagem "vermelha"
    Serial.print("Mensagem enviada: ");
    Serial.println(mensagem);
    client.publish("jardim/bomba", mensagem);
    Serial.println("Mensagem enviada com sucesso...");

}
delay(1000);

client.loop();

}

```

Para o acompanhamento visual do sistema, utilizou-se o **Node-RED** com o plugin **node-red-dashboard**, que possibilita a criação de interfaces gráficas personalizadas para monitoramento como mostrado na figura 11.

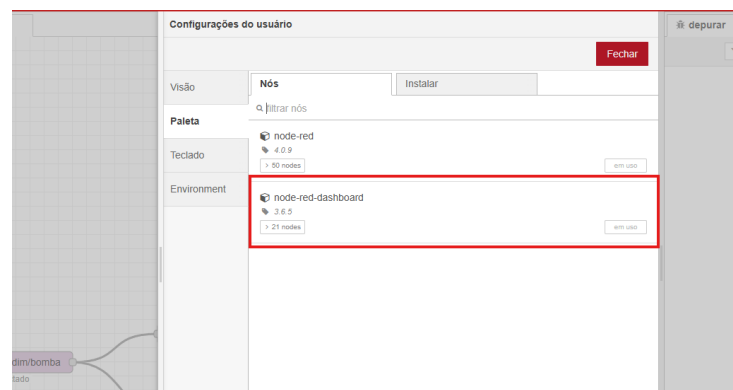


Figura 11. Node-Red-Dashboard

Fonte: Elaborado pelo autor

A instalação do Node-RED e do plugin node-red-dashboard permite o uso de **elementos visuais como gráficos, indicadores e templates HTML**. No projeto, foi utilizado o **nó "Template"** para renderizar dinamicamente o estado da planta (solo seco ou úmido), conforme valores recebidos do tópico MQTT.

O fluxo criado no Node-RED conecta o tópico jardim/bomba diretamente ao nó template, como ilustrado na Figura 12:

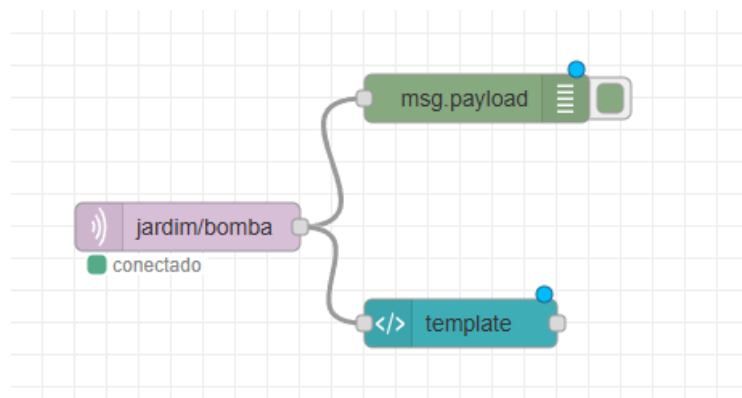


Figura 12. Projeto Node
Fonte: Elaborado pelo autor

Além disso, quando o solo está úmido, o dashboard adota uma estética com **tema escuro e botão verde luminoso**, transmitindo ao usuário o status atual de forma intuitiva e visualmente atrativa como mostrado na figura 13:



Figura 13. Node-Red-Dashboard
Fonte: Elaborado pelo autor

quando o solo está seco, o dashboard adota uma estética com **tema claro e botão vermelho luminoso**, transmitindo ao usuário o status atual de forma intuitiva e visualmente atrativa como mostrado na figura 14:



Figura 14. Node-Red-Dashboard
Fonte: Elaborado pelo autor

Para a criação do **Dashboard** no Node-RED, foi implementada uma lógica baseada na verificação da mensagem recebida via MQTT no tópico jardim/bomba. De acordo com o valor do msg.payload, a interface visual se adapta automaticamente para representar o estado da planta, conforme demonstrado nas Figuras 13 e 14.

A lógica funciona da seguinte maneira:

- Se o valor recebido for "0", o sistema interpreta que o solo está **úmido** e exibe a interface correspondente com fundo escuro, texto em verde e uma representação visual de um botão luminoso em verde (Figura 13).
- Se o valor for "1", o solo é considerado **seco**, e o dashboard exibe uma interface clara, com destaque em vermelho e um botão visual representando a seca do solo (Figura 14).

A estrutura visual foi criada com o componente **Template** do node-red-dashboard, utilizando HTML e diretivas Angular (ng-if) para condicionar o conteúdo com base no valor de msg.payload.

Abaixo, segue a lógica HTML utilizada no Template:

```
<div ng-if="msg.payload === 1" style="
  background-color: #f4f4f4;
  color: #333;
  text-align: center;
  padding: 30px;
  font-family: 'Segoe UI', sans-serif;
  height: 100vh;">

  <h2 style="color: #007ACC;">Status da planta</h2>
  <h1 style="color: #cc0000;">Solo seco</h1>

  <div style="
    width: 120px;
    height: 120px;
    background: radial-gradient(circle at 30% 30%, #ff6666, #cc0000);
    border-radius: 50%;
    margin: 20px auto;
    box-shadow: 0 0 20px rgba(255, 0, 0, 0.5);">
  </div>
</div>

<div ng-if="msg.payload === 0" style="
  background-color: #1c1c1c;
  color: #ffffff;
  text-align: center;
  padding: 30px;
  font-family: 'Segoe UI', sans-serif;
  height: 100vh;">

  <h2 style="color: #33ccff;">Status da planta</h2>
  <h1 style="color: #00cc44;">Solo úmido</h1>
```

```

<div style="
  width: 120px;
  height: 120px;
  background: radial-gradient(circle at 30% 30%, #00ff66, #007e33);
  border-radius: 50%;
  margin: 20px auto;
  box-shadow: 0 0 20px rgba(0, 255, 0, 0.5);">
</div>
</div>

```

É possível importar todo o Node criado neste projeto com o JSON abaixo. Também é possível baixar o código completo no repositório do projeto:
<https://github.com/lusxcaz/IrrigacaoAutomatizada>.

```

[{"id":"1ffec239.a7c0fe","type":"tab","label":"Flow
1","disabled":false,"info":"","id":"be80048.8f232f8","type":"mqtt
in","z":"1ffec239.a7c0fe","name":"","topic":"jardim/bomba","qos":"0","datatype":"json","bro
ker":"407a01e4.6b637","nl":false,"rap":false,"inputs":0,"x":210,"y":460,"wires":[["8640b8ff.f
82ff8","613782ca.e74a7c"]]}, {"id":"8640b8ff.f82ff8","type":"debug","z":"1ffec239.a7c0fe","
name":"","active":true,"tosidebar":true,"console":false,"tostatus":false,"complete":"payload","
targetType":"msg","statusVal":"","statusType":"auto","x":390,"y":380,"wires":[], {"id":"613
782ca.e74a7c","type":"ui_template","z":"1ffec239.a7c0fe","group":"3150a646.88e97a","nam
e":"","order":1,"width":7,"height":10,"format":"<div ng-if='msg.payload === 1'
style='background-color: #f4f4f4; color: #333; text-align: center; padding: 30px; font-family:
'Segoe UI', sans-serif; height: 100vh;'><h2 style='color: #007ACC;'>Status da planta<h1
style='color: #cc0000;'>Solo seco<div style='width: 120px; height: 120px; background:
radial-gradient(circle at 30% 30%, #ff6666, #cc0000); border-radius: 50%; margin: 20px
auto; box-shadow: 0 0 20px rgba(255, 0, 0, 0.5);'><div ng-if='msg.payload === 0'
style='background-color: #1c1c1c; color: #ffffff; text-align: center; padding: 30px; font-
family: 'Segoe UI', sans-serif; height: 100vh;'><h2 style='color: #33ccff;'>Status da
planta<h1 style='color: #00cc44;'>Solo úmido<div style='width: 120px; height: 120px;
background: radial-gradient(circle at 30% 30%, #00ff66, #007e33); border-radius: 50%;
margin: 20px auto; box-shadow: 0 0 20px rgba(0, 255, 0,
0.5);'>","storeOutMessages":true,"fwdInMessages":true,"resendOnRefresh":true,"templateS
cope":"local","className":"","x":400,"y":500,"wires":[[]]}, {"id":"407a01e4.6b637","type":"
mqtt-
broker","name":"","broker":"broker.mqttdashboard.com","port":1883,"clientId":"","autoCo
nnect":true,"usetls":false,"protocolVersion":4,"keepalive":60,"cleansession":true,"autoUnsu
bscribe":true,"birthTopic":"","birthQos":0,"birthPayload":"","closeTopic":"","closePayload
":"","willTopic":"","willQos":0,"willPayload":"","userProps":"","sessionExpiry":"","id":"
3150a646.88e97a","type":"ui_group","name":"Status da
planta","tab":"612bb065.90892","order":1,"disp":true,"width":7,"collapse":false}, {"id":"61
2bb065.90892","type":"ui_tab","name":"Projeto IOT para
irrigação","icon":"dashboard","order":1,"disabled":false,"hidden":false}]

```

3. Resultados

foram realizadas medições de tempo de resposta com o objetivo de avaliar o desempenho da comunicação entre os sensores, o atuador (bomba de água) e o broker MQTT o sistema funcionando pode ser visto em: [<https://youtu.be/M2FIXNyD050>], código disponível no GitHub [<https://github.com/lusxcz/IrrigacaoAutomatizada>]. Os dados obtidos foram organizados em uma tabela que apresenta os tempos médios de resposta nas interações sensor–atuador e sensor–MQTT. Através dessas medições, foi possível constatar que a comunicação com o atuador ocorre de forma significativamente mais rápida do que com o broker, como esperado, devido à latência envolvida na rede.

Núm.Medida	Sensor/atuador	Tempo de resposta
1	Sensor para mqtt	13,11 segs
2	Sensor para mqtt	09,23 segs
3	Sensor para mqtt	04,50 segs
4	Sensor para mqtt	04,36 segs
5	Sensor para atuador	01,55 segs
6	Sensor para atuador	01.84 segs
7	Sensor para atuador	01,03 segs
8	Sensor para atuador	01,41 segs

A média dos tempos registrados para a comunicação entre sensor e atuador foi de **1,46 segundos**, enquanto para a comunicação com o broker MQTT foi de **7,80 segundos**. Esses dados indicam que, apesar da latência na rede, o sistema mantém um desempenho aceitável para aplicações residenciais.

Para complementar a análise dos resultados, foram inseridos gráficos de barras que ilustram visualmente os tempos de resposta obtidos, facilitando a comparação entre os dois tipos de comunicação como demonstrado nas figuras 15 e 16 .

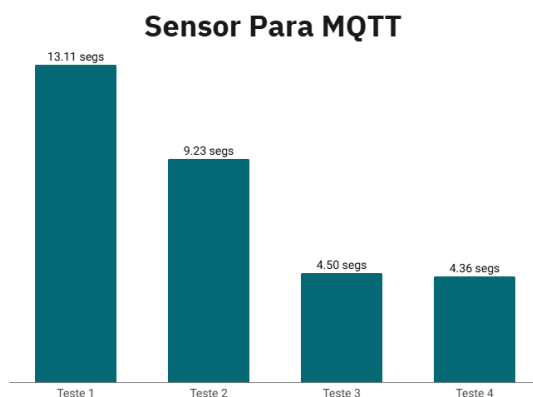


Figura 15. Grafico Sensor Para MQTT

Fonte: Elaborado pelo autor

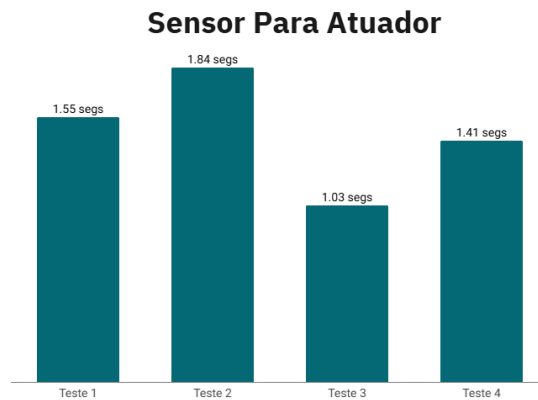


Figura 16. Grafico Sensor Para Atuador

Fonte: Elaborado pelo autor

Além disso, Imagens do protótipo em funcionamento também estão incluídas, evidenciando a execução prática do sistema e sua interface amigável para o usuário final.

Na figura 17, é possível observar a montagem física do sistema de irrigação automática. O NodeMCU ESP8266 está conectado ao sensor de umidade do solo, LEDs indicadores, módulo relé e à bomba d'água, todos organizados sobre uma protoboard. A disposição dos componentes demonstra a simplicidade do projeto e sua viabilidade para reprodução em ambientes domésticos.

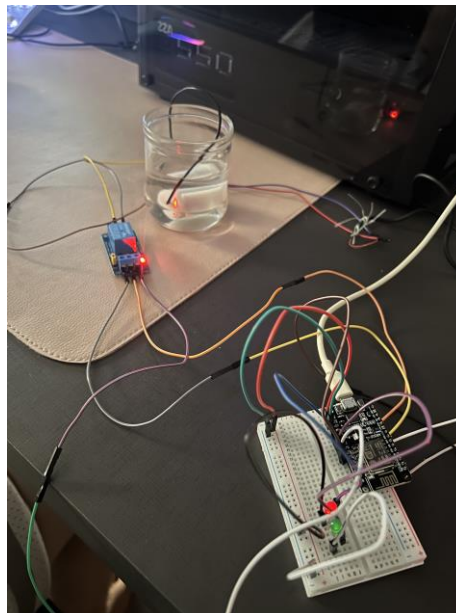


Figura 17. Montagem do Projeto

Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 18 detalha a ligação dos componentes eletrônicos no protoboard. São visíveis as conexões entre os pinos do NodeMCU, o sensor analógico, os LEDs e o relé, que por sua vez controla o acionamento da bomba. Esta configuração foi essencial para garantir a leitura precisa dos dados do solo e a atuação correta do sistema de irrigação.

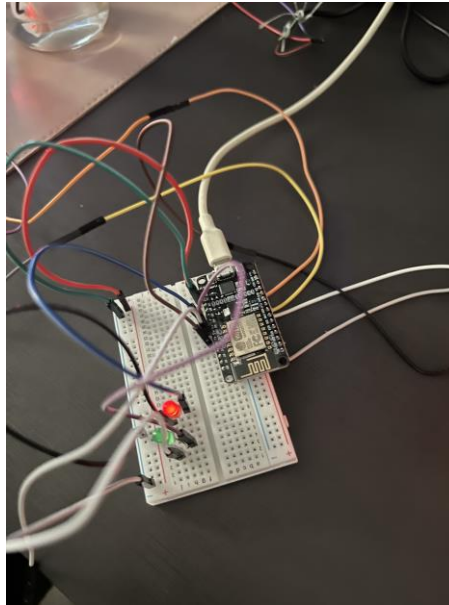


Figura 18. Ligação do Protoboard

Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 19 apresenta o sistema em funcionamento no momento em que o solo é detectado como úmido. O LED verde está aceso, indicando que a umidade está dentro dos parâmetros desejados e, portanto, a bomba de irrigação permanece desligada. A conexão dos componentes no protoboard mostra o circuito montado com o NodeMCU ESP8266, o sensor de umidade e os LEDs, evidenciando o funcionamento da lógica implementada no código. Esta demonstração reforça a eficiência do sistema na tomada de decisão automática com base nas leituras do sensor.

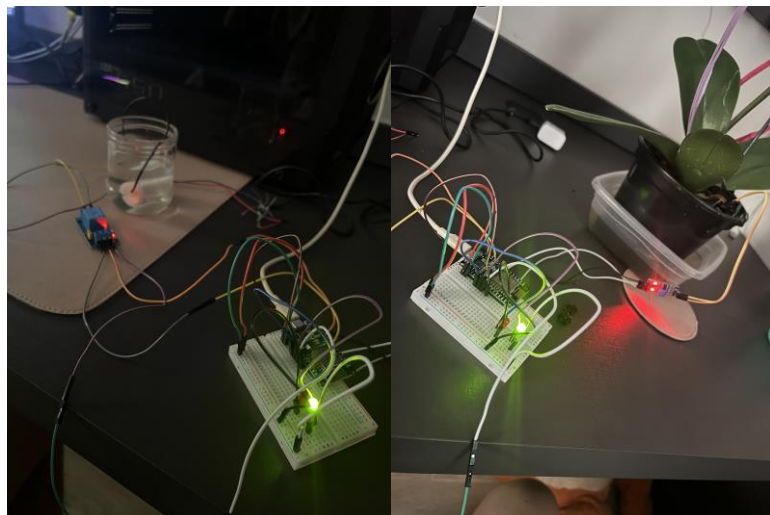


Figura 19. Funcionando em Solo Úmido

Fonte: Elaborado pelo autor

Na figura 20, o sensor de umidade foi removido do solo e está sendo segurado manualmente, simulando uma condição de solo seco. Com a ausência de umidade detectada, o sistema aciona automaticamente a bomba d'água, e o LED vermelho é ativado como indicador visual do estado de alerta. Essa situação demonstra a resposta do sistema ao ambiente seco, reforçando a eficiência do controle automatizado de irrigação baseado na leitura do sensor.

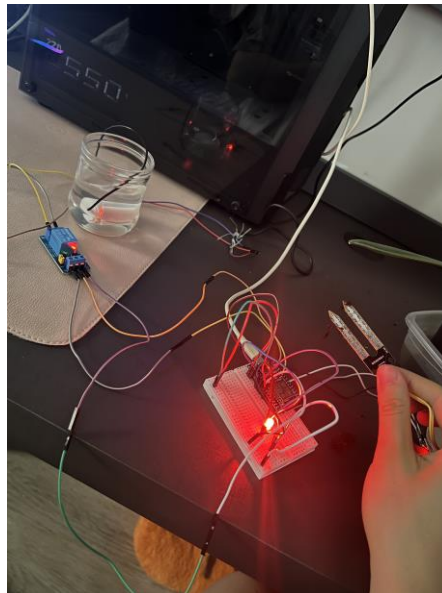


Figura 20. Funcionando em Solo Seco

Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 21 exibe o painel de debug do Node-RED, onde é possível observar as mensagens recebidas no tópico jardim/bomba. Os valores 0 e 1 representam, respectivamente, o estado desligado e ligado da bomba d'água. Essas mensagens são enviadas pelo microcontrolador ESP8266 com base na leitura do sensor de umidade do solo. Esse registro comprova o funcionamento da comunicação MQTT entre o dispositivo e o servidor, validando o envio contínuo de dados em tempo real para controle e automação da irrigação.

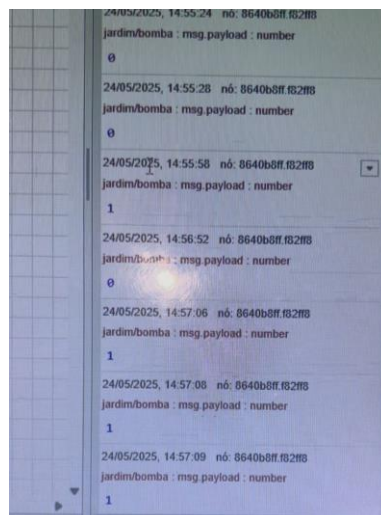


Figura 20. Debug Node-Red

Fonte: Elaborado pelo autor

4. Conclusão

A vida nas grandes metrópoles apresenta diversos desafios, especialmente no que diz respeito à gestão racional dos recursos naturais. A água, sendo um recurso essencial e finito, exige cada vez mais práticas sustentáveis de uso. Diante desse contexto, a aplicação de conceitos básicos da Internet das Coisas (IoT), em conjunto com sensores e atuadores simples, demonstrou ser uma alternativa viável e eficaz para a automação de processos cotidianos, como a irrigação de hortas residenciais.

O projeto desenvolvido teve como objetivo principal automatizar o processo de irrigação, permitindo o monitoramento e acionamento do sistema de forma remota, utilizando uma plataforma de baixo custo e fácil acesso. Este objetivo foi plenamente alcançado, uma vez que o sistema foi capaz de acionar a bomba de irrigação com base nas leituras do sensor de umidade do solo, além de apresentar visualizações do estado da planta em tempo real por meio de um dashboard no Node-RED.

Durante a implementação, foram enfrentados alguns desafios, entre os quais se destacam a instabilidade na conexão com o broker MQTT gratuito e a necessidade de calibração do sensor de umidade. Tais obstáculos foram superados por meio da implementação de uma lógica de controle robusta e de testes empíricos para ajuste dos parâmetros ideais de funcionamento.

As principais vantagens do sistema incluem o baixo custo de implantação, a simplicidade de montagem e a possibilidade de monitoramento remoto via rede Wi-Fi. Em contrapartida, destacam-se como desvantagens a dependência de conexão à internet para o pleno funcionamento do sistema e a necessidade de alimentação elétrica constante, o que pode comprometer a autonomia em caso de falhas de energia.

Para futuras melhorias, sugere-se a inclusão de uma interface móvel para configuração e visualização dos dados, o envio de notificações em caso de falhas ou baixa umidade do solo, e a adoção de fontes de energia alternativas, como painéis solares. Além disso, a substituição do sensor por modelos mais precisos pode contribuir para a maior confiabilidade do sistema em ambientes externos.

Conclui-se, portanto, que é possível desenvolver um sistema de irrigação automatizado eficiente, acessível e funcional, contribuindo para práticas sustentáveis e para a otimização do tempo dos usuários no cuidado com plantas em ambientes urbanos.

5. Referências

Muhammad Nuriman bin Roslan (2020) “IOT BASED SMART GARDEN IRRIGATION SYSTEMFOR HOUSEHOLD”. Disponível em:<<https://ir.unimas.my/id/eprint/34391/1/Muhammad%20Nuriman%20Bin%20Roslan%20-%202024%20pgs.pdf>>. Acesso em: 25/03/2025.

FLÁVIA M. V. T. CLEMENTE, LENITA LIMA HABER (2012) “Horta em pequenos espaços”. Disponível em:<<https://observatorio.guaratingueta.sp.gov.br/wpcontent/uploads/2020/02/HORTA-EM-PEQUENOS-ESPA%C3%87OS.pdf>>. Acesso em: 25/03/2025.

ELETROGATE . “Mini Bomba Submersa 5V p/ Água”. Disponível em:

< <https://bomba:https://www.eletrogate.com/mini-bomba-submersa-5v-p-agua> >. Acesso em: 25/03/2025.

A2ROBOTICS. “Sensor de Umidade do Solo Higrômetro”. Disponível em:<https://www.a2robotics.com.br/sensor-de-umidade-do-solo-modulo-sonda-higrometro?utm_source=Site&utm_medium=GoogleShopping&utm_campaign=IntegracaoGoogle&utm_source=1&utm_medium=Cj0KCQjwqIm_BhDnARIsAKBYcmtvbjjB70hmQ5iF5hChYs5CzjBhsLpBqVNDRIEtFaaMflver7l3iP4aAksPEALw_wcB>. Acesso em: 25/03/2025.

A2ROBOTICS. “LED Difuso 5mm Vermelho”. Disponível em:<https://www.a2robotics.com.br/nj9p3mfaa-led-difuso-5mm-vermelho-1-unidades?utm_source=Site&utm_medium=GoogleShopping&utm_campaign=IntegracaoGoogle&utm_source=1&utm_medium=Cj0KCQjwqIm_BhDnARIsAKBYcmsP1vEvDSBUta_gMI5orA15iaHVAHiGT_M0dAPlmE5z2QaTRgDP578aAkyGEALw_wcB>. Acesso em: 25/03/2025.

A2ROBOTICS. “LED Difuso 5mm Verde”.. Disponível em:<<https://www.a2robotics.com.br/uzbbtngyp-led-difuso-5mm-verde-1-unidades>>. Acesso em: 25/03/2025.

Mercado Livre. “Kit Jumper Macho Fêmea 20cm - 40 Fios”. Disponível em:<https://www.mercadolivre.com.br/kit-jumper-macho-fmea-20cm-40-fios/p/MLB27729848?pd_filters=item_id%3A%20MLB5226468222&from=gshop&matt_tool=49601181&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=22090354496&matt_ad_group_id=173090612396&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=727882733433&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=735128761&matt_product_id=MLB27729848-product&matt_product_partition_id=2394343693421&matt_target_id=aud-2009166904988:pla-2394343693421&cq_src=google_ads&cq_cmp=22090354496&cq_net=g&cq_plt=gp&cq_med=pla&utm_source=1&utm_medium=Cj0KCQjwqIm_BhDnARIsAKBYcmuQQb4_Jr0vrFzNJ5e1jj9SZQs8DRc7zZXSd0ZH5_kkTE-mmy9t1qAaAlx9EALw_wcB>. Acesso em: 25/03/2025.

ROBOCORE. “NodeMCU ESP8266-12 V2”. Disponível em:<https://www.robocore.net/wifi/nodemcu-esp8266-12-v2?utm_source=1&utm_medium=Cj0KCQjwqIm_BhDnARIsAKBYcmvVUzwNT6fFrH8d0E1zEJ8tlisZUyduICV6sJ1_aquxJfFhXtZQAE8aAtsSEALw_wcB>. Acesso em: 25/03/2025.

USINAINFO. “Módulo Relé 3.3V 10A 1 Canal com Optoacoplador para ESP32”. Disponível em:<<https://www.usinainfo.com.br/rele-arduino/modulo-rele-3v-10a-1-canal-com->

optoacoplador-para-esp32-5997.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwqIm_BhDnARIsAKBYcmuvKwYeJqbShvuQaLUrbHfzLgejxCFSJniKR803sRc85WyG_VO9eREaAr3rEALw_wcB>. Acesso em: 25/03/2025.

ELETROGATE . “Protoboard 400 Pontos”. Disponível em:

< https://www.eletrogate.com/protoboard-400-pontos?srsId=AfmBOopXTdsyi79onYiWKXcUBQ5DX8aW7pEYN2Xh59a5SANO PnZMXncc >. Acesso em: 25/03/2025.

Mercado Livre. “Cabo Rápido V8 Carregador E Dados Micro Usb / Usb 1 Metro 1m Cor Preto”. Disponível em:

<https://www.mercadolivre.com.br/cabo-rapido-v8-carregador-e-dados-micro-usb-usb-1-metro-1m-cor-preto-lar-ideal/p/MLB29617146?pdp_filters=item_id%3A MLB4005383901&from=gshop&matt_tool=52490821&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=22090354547&matt_ad_group_id=173090629676&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_create=727882734882&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=735128188&matt_product_id=MLB29617146-product&matt_product_partition_id=2391341413859&matt_target_id=aud-1967171835106:pla-2391341413859&cq_src=google_ads&cq_cmp=22090354547&cq_net=g&cq_plt=gp&cq_med=pla&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwqIm_BhDnARIsAKBYcmuc3symv0TlP2jCy_D5xNED6l1_DuSeZApone61zZrJhWDcHg784AcaAgUvEALw_wcB>. Acesso em: 25/03/2025.