

Sistema de Monitoramento Ambiental de Temperatura e Umidade

Kassio Ferreira¹, Marcelo Teixeira de Azevedo¹

¹Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Rua São Leopoldo, 356 Belenzinho, São Paulo – SP, 03055-000 – Brasil

kassioferreira0324@gmail.com

ABSTRACT

This study presents the development of an Environmental Monitoring System for Temperature and Humidity using the ESP8266 NodeMCU microcontroller and MQTT protocol. The system aims to collect real-time temperature and humidity data from various locations, transmit the data to a cloud-based MQTT broker, and provide users with the ability to access and visualize the data through a web-based interface. This project demonstrates the potential of IoT technologies and MQTT communication in creating an efficient and data-driven monitoring solution.

Keywords: Environmental Monitoring, Temperature, Humidity, ESP8266 NodeMCU, MQTT Protocol, IoT, Cloud-based, Data Visualization.

RESUMO

O presente estudo apresenta o desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento Ambiental de Temperatura e Umidade utilizando o microcontrolador ESP8266 NodeMCU e o protocolo MQTT. O sistema tem como objetivo coletar dados de temperatura e umidade em tempo real de diferentes locais, transmitir os dados para um broker MQTT baseado na nuvem, e oferecer aos usuários a capacidade de acessar e visualizar os dados por meio de uma interface web. Este projeto destaca o potencial das tecnologias IoT e da comunicação MQTT na criação de uma solução eficiente e orientada por dados.

Palavras-chave: Monitoramento Ambiental, Temperatura, Umidade, ESP8266 NodeMCU, Protocolo MQTT, IoT, Baseado na Nuvem, Visualização de Dados.

1 INTRODUÇÃO

A interconexão de dispositivos e a evolução tecnológica têm desempenhado um papel fundamental no desenvolvimento de soluções inovadoras para monitoramento e coleta de dados ambientais em tempo real. Ao longo do tempo, testemunhamos avanços significativos na capacidade de capturar informações detalhadas sobre o ambiente que nos rodeia. Esses avanços têm sido impulsionados pela convergência da eletrônica, da computação e das comunicações, resultando na chamada "Internet das Coisas" (IoT).

Nesse contexto em constante evolução, este projeto propõe a criação de um Sistema de Monitoramento de Temperatura e Umidade Ambiental, empregando as vantagens do microcontrolador ESP8266 NodeMCU e a eficiência do protocolo MQTT. Diferentemente das abordagens convencionais, nas quais os dados eram transmitidos para plataformas centralizadas, nosso sistema opta por utilizar o MQTT, permitindo uma comunicação mais ágil entre dispositivos e uma interface web.

A medição precisa de dados de temperatura e umidade é crucial em diversas aplicações, desde previsão do tempo até controle de processos industriais. Neste projeto, o sensor DHT11 foi selecionado para fornecer medições confiáveis desses parâmetros ambientais.

No sentido de aprimorar nossa abordagem, encontramos uma implementação semelhante que servirá como referência valiosa. Uma implementação com materiais muito semelhantes e que obteve sucesso na medição de temperatura e umidade pode ser encontrada no seguinte link: [<https://randomnerdtutorials.com/esp8266-dht11-dht22-temperature-and-humidity-web-server-with-arduino-ide/>]. Esta referência servirá como guia em diversas etapas de nosso projeto, enriquecendo nossa compreensão e orientando nossas implementações futuras.

A inovação introduzida em nosso projeto é a conexão com a internet e a transmissão de dados para um aplicativo no celular. Através da adoção do protocolo MQTT, nosso sistema transmitirá os dados de temperatura e umidade para um broker MQTT baseado na nuvem, possibilitando o acesso a esses dados por meio de uma interface web ou aplicativo móvel de qualquer lugar. Essa abordagem não apenas oferece insights em tempo real sobre as condições ambientais, mas também ilustra a aplicação prática das tecnologias de IoT em situações em que a coleta e o compartilhamento de dados são essenciais para otimização e eficiência.

Ao longo das seções subsequentes, exploraremos detalhadamente os materiais, métodos, resultados e conclusões deste projeto, enfocando a implementação do sistema de

monitoramento de temperatura e umidade por meio do ESP8266 NodeMCU e do protocolo MQTT.

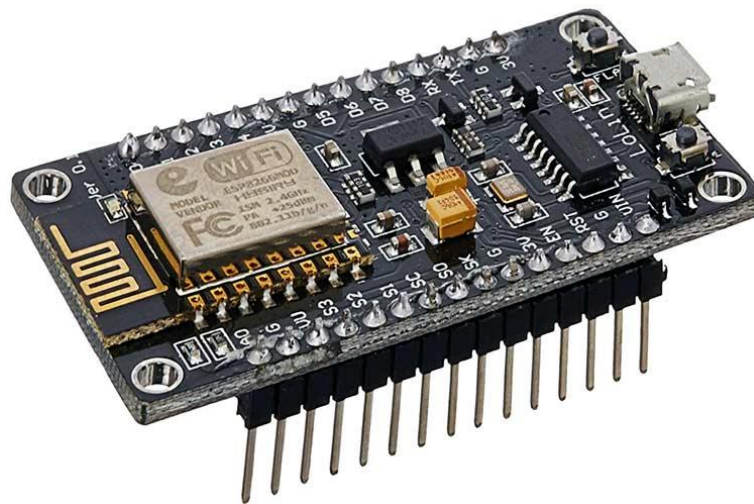
2 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, apresentaremos em detalhes os materiais e métodos utilizados para a implementação do Sistema de Monitoramento Ambiental de Temperatura e Umidade. Cada componente desempenha um papel fundamental na operação do sistema, garantindo a precisão e a eficiência na coleta e transmissão de dados ambientais em tempo real.

2.1 Módulo Wifi ESP8266 NodeMCU ESP-12E

O Módulo Wifi ESP8266 NodeMCU ESP-12E, visível na Figura 1, é o coração deste projeto, funcionando como o cérebro que controla a aquisição de dados, a comunicação com a internet e a interação com os sensores. A seguir, descreveremos suas características técnicas e seu papel no sistema.

Figura 1 – Módulo Wifi ESP8266 NodeMCU ESP-12E



Fonte: Components101 (2020).

Conhecer a pinagem do NodeMCU é fundamental para que se possa utilizá-lo corretamente, na Figura 2 você pode visualizar os pinos bem como obter mais informações sobre a pinagem. Separaremos os pinos em quatro categorias para facilitarmos o entendimento,



sendo elas: Alimentação, Comunicação, Entrada/Saída e Controle. A seguir você pode conferir a função de cada uma destas categorias:

Pinos de Alimentação:

- **VIN (Voltage in):** Este pino é usado para fornecer energia do NodeMCU. Normalmente, é alimentado com uma tensão de 5V, mas o NodeMCU tem um regulador de tensão embutido que converte a tensão recebida para os 3,3V necessários para o funcionamento.
- **3.3V:** Este é o pino de saída de 3,3 volts, que pode ser usado para alimentar periféricos que funcionam com essa tensão.
- **GND (Ground):** Esses são pinos de aterramento, refere-se a um caminho de retorno comum da corrente para a fonte elétrica e, assim, permite que o circuito seja concluído.
- **Micro USB:** A entrada Micro USB não é de fato um pino, mas cabe mencioná-la pois também lida com fornecimento de energia, além disso, permite a transferência de dados.

Pinos de Comunicação:

- **TX (Transmit) e RX (Receive):** Esses pinos são usados para comunicação serial UART. O TX é usado para enviar dados e o RX para receber dados. Eles são frequentemente usados para comunicação com outros dispositivos, como um computador.
- **SDA (Serial Data) e SCL (Serial Clock):** Esses pinos são usados para comunicação I2C (Inter-Integrated Circuit). O fio SDA é usado para troca de dados entre dispositivos e o SCL é utilizado para o relógio síncrono também entre dispositivos.
- **MOSI, CS, MISO e SCLK:** Estes pinos são usados para comunicação SPI (Serial Peripheral Interface). A comunicação SPI é usada para interagir com dispositivos como display OLED, módulos de cartão SD e sensores que suportam esse protocolo.



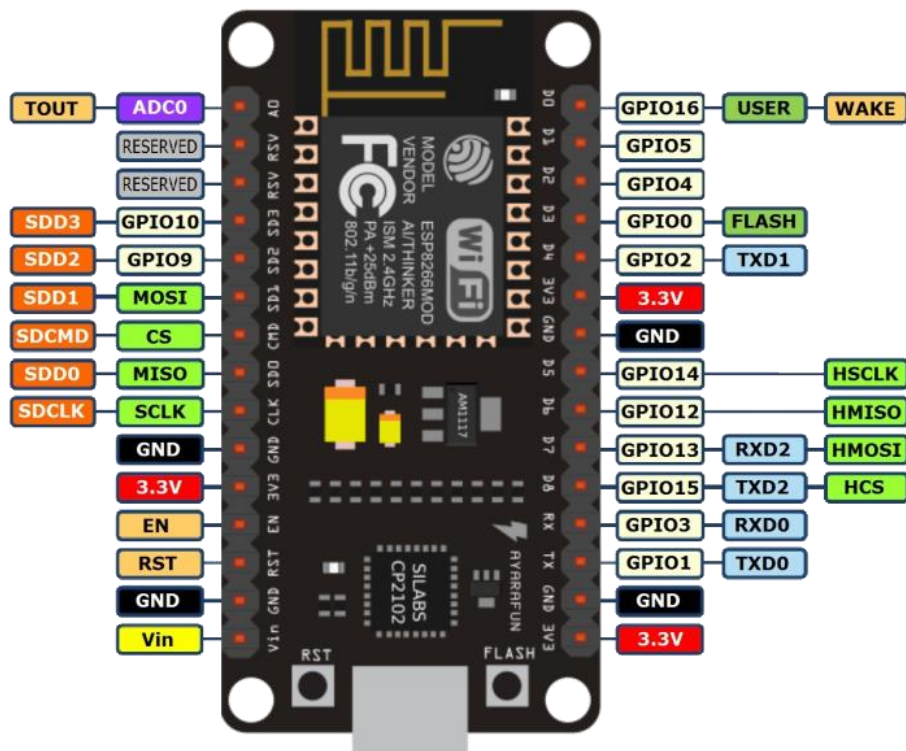
Pinos GPIO (Entrada/Saída):

- O NodeMCU possui vários pinos GPIO numerados de 0 a 16. Esses pinos podem ser usados para entrada ou saída digital e podem ser programados para várias funções como leitura de sensores e controle de dispositivos.
- O GPIO0 pode ser utilizado para colocar o NodeMCU em modo de programação, é o único capaz desta função.

Pinos de Controle:

- RST (Reset): Este pino é usado para reiniciar o NodeMCU.
- EN (Enable): O pino EN é usado para habilitar ou desabilitar o funcionamento do NodeMCU. Se mantido em nível alto, o NodeMCU é ativado, caso contrário entrará em modo de baixo consumo (deep sleep) ou pode até ser desativado, depende da configuração.

Figura 2 - Pinagem NodeMCU ESP8266



Fonte: Components101 (2020).

2.2 Sensor de Umidade e Temperatura DHT11

O módulo DHT11, visível na Figura 3, também conhecido como sensor de umidade e temperatura DHT11, é um componente amplamente utilizado para medir a umidade relativa e a temperatura do ar em ambientes diversos. Este sensor oferece uma maneira econômica e precisa de coletar dados ambientais. Suas principais características incluem:

O DHT11 é capaz de medir tanto a umidade relativa quanto a temperatura. Ele incorpora um sensor de umidade capacitivo e um termistor de alta precisão.

Apesar de ser considerado um sensor básico, o DHT11 oferece uma precisão razoável para muitas aplicações, com uma precisão típica de $\pm 5\%$ para medição de umidade e $\pm 2^{\circ}\text{C}$ para medição de temperatura.

A faixa de medição do DHT11 abrange de 20% a 90% de umidade relativa e de 0°C a 50°C de temperatura.

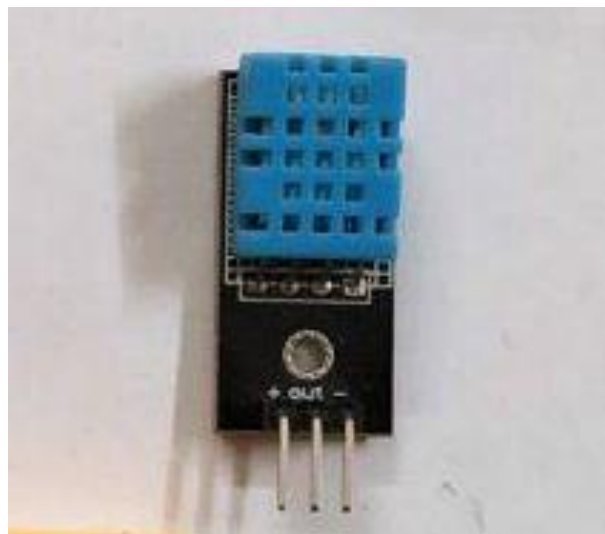
Ele utiliza um protocolo de comunicação digital para transmitir dados, fornecendo os valores de umidade e temperatura por meio de um único pino de saída.

O sensor é alimentado com uma tensão de 3,3V a 5V, tornando-o compatível com uma variedade de plataformas e microcontroladores.

O DHT11 oferece saída de dados digital, o que facilita a leitura dos valores medidos, tornando-o adequado para iniciantes e projetos de eletrônica básica.

Além disso, o sensor possui uma resposta rápida e é capaz de fornecer leituras em tempo real.

Figura 3 – Módulo Sensor de Umidade e Temperatura DHT11



Fonte: techatronic (2021).

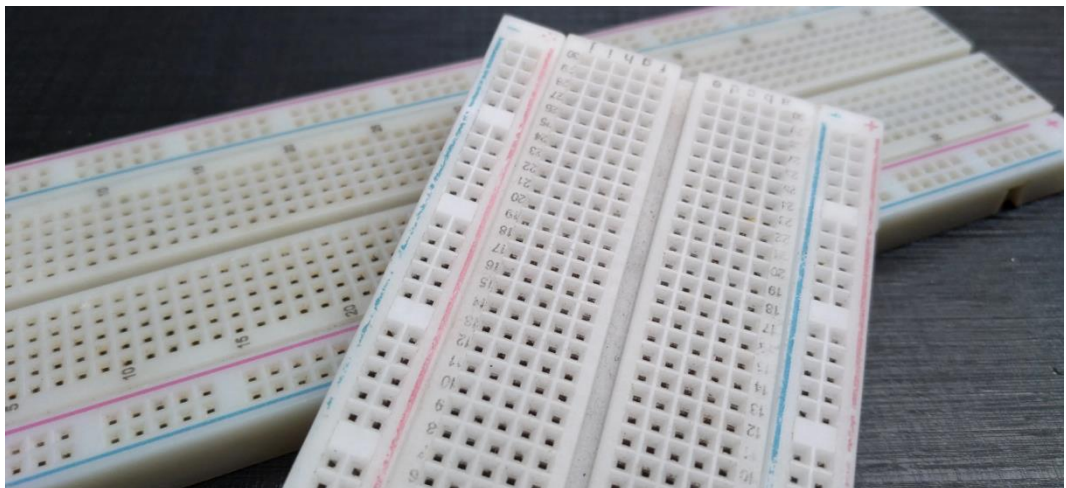
Em relação às aplicações, o módulo DHT11 é amplamente utilizado em projetos que requerem medição precisa de umidade e temperatura. Suas aplicações comuns incluem monitoramento ambiental em residências, escritórios, estufas e outros espaços, sistemas de controle de clima, estações meteorológicas pessoais, controle de processos industriais, projetos de automação residencial e laboratórios educacionais.

Em resumo, o módulo DHT11 desempenha um papel fundamental na medição confiável de umidade e temperatura em uma variedade de aplicações. Sua simplicidade de uso, custo acessível e capacidade de fornecer dados precisos o tornam uma escolha popular para entusiastas, estudantes e engenheiros em projetos relacionados ao sensoriamento ambiental e controle de clima.

2.3 Protoboard (Placa de Prototipagem)

A protoboard, visível na Figura 4, também conhecida como placa de prototipagem ou breadboard, é uma ferramenta fundamental no campo da eletrônica e projetos de engenharia. Ela é projetada para facilitar a montagem temporária de circuitos eletrônicos e a conexão de componentes sem a necessidade de soldagem.

Figura 4 – Protoboard



Fonte: elcereza.

Características Principais:

- **Matriz de Contatos:** A protoboard possui uma matriz de contatos em sua superfície, geralmente composta por furos organizados em linhas e colunas.



Esses furos são projetados para acomodar componentes eletrônicos e fios de ligação.

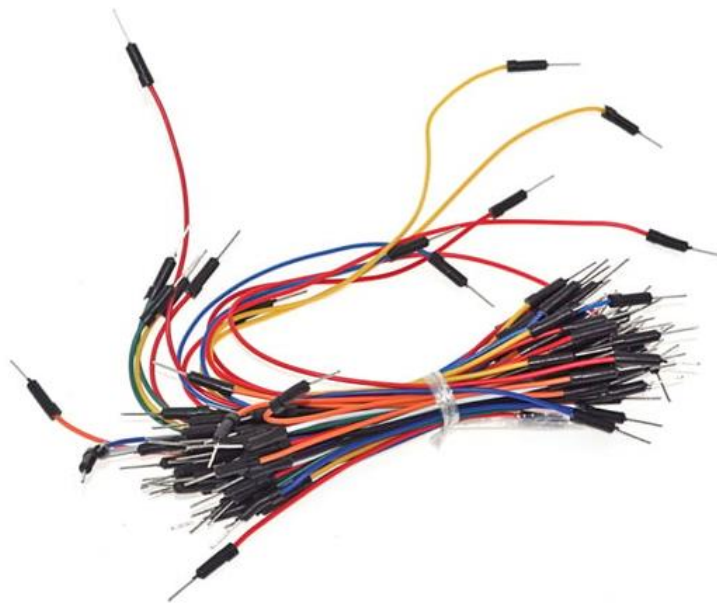
- **Contatos Internos:** Cada furo na matriz de contatos está conectado internamente a outros furos de acordo com um padrão predefinido. Isso permite a conexão elétrica entre os componentes quando são inseridos na protoboard.
- **Tamanho e Layout:** As protoboards estão disponíveis em vários tamanhos, desde pequenas para projetos simples até maiores para projetos mais complexos. O layout geralmente segue um padrão, com linhas numeradas e colunas rotuladas para facilitar a localização dos pontos de conexão.
- **Fácil Uso:** Uma das principais vantagens da protoboard é sua simplicidade de uso. Não são necessárias ferramentas especiais ou habilidades de soldagem. Os componentes eletrônicos podem ser conectados à protoboard simplesmente inserindo seus pinos ou fios nos furos apropriados.
- **Reutilização:** A protoboard permite montar e desmontar circuitos rapidamente. Isso a torna ideal para testes, experimentos e prototipagem, pois os componentes podem ser reutilizados em diferentes projetos.
- **Flexibilidade:** Os circuitos podem ser facilmente modificados e adaptados sem danificar os componentes ou a placa. Isso é especialmente útil durante o processo de depuração e desenvolvimento de um projeto.
- **Conexões de Alimentação:** As protoboards geralmente possuem trilhas de alimentação (bus strips) ao longo das bordas, onde é possível conectar fontes de alimentação, como tensões de 5V e 3,3V, facilitando a distribuição de energia pelos componentes do circuito.

Em resumo, a protoboard é uma ferramenta essencial para a criação e teste de circuitos eletrônicos de forma rápida e flexível, tornando-a uma escolha valiosa para projetistas e entusiastas de eletrônica em todo o mundo. Ela proporciona um ambiente de prototipagem seguro e versátil, onde é possível transformar ideias em realidade sem a necessidade de habilidades avançadas de eletrônica ou soldagem.

2.4 Jumpers (Fios de Ligação)

Os jumpers, visíveis na Figura 5, são componentes essenciais em eletrônica e prototipagem. Eles consistem em fios condutores revestidos por isolamento plástico, o que evita curtos-circuitos acidentais e garante conexões elétricas seguras. Cada extremidade do jumper pode ser equipada com conectores, como os pinos projetados para simplificar a conexão com componentes eletrônicos ou pontos de conexão em uma protoboard. Além disso, jumpers estão disponíveis em diversos comprimentos, permitindo a criação de conexões personalizadas, seja para conexões próximas ou pontos distantes em um circuito. Muitos conjuntos de jumpers são comercializados com várias cores diferentes, o que auxilia na organização e identificação das conexões, facilitando o acompanhamento em circuitos complexos.

Figura 5 - Jumpers



Fonte: Willtronics (2022).

Outra característica importante dos jumpers é a reutilização e flexibilidade. Eles são componentes reutilizáveis, podendo ser desconectados e reconectados várias vezes, o que é particularmente útil em situações de prototipagem e testes iterativos.

2.5 Buzzer

O buzzer ativo, visível na Figura 6, é um componente eletrônico utilizado para gerar som audível em resposta a um sinal elétrico. Ao contrário do buzzer passivo, que requer um

oscilador externo para produzir som, o buzzer ativo possui um circuito interno que gera o som quando uma tensão é aplicada.

No contexto de projetos com o NodeMCU, o buzzer ativo é frequentemente a escolha preferida devido à sua capacidade de controle direto da emissão de som. Isso permite que você crie alertas audíveis em resposta a eventos em seu projeto, tudo controlado pelo NodeMCU.

Portanto, ao incorporar um buzzer ativo no projeto com o NodeMCU, você terá a flexibilidade de gerar sons de acordo com as necessidades da aplicação.

Figura 6 – Buzzer Ativo

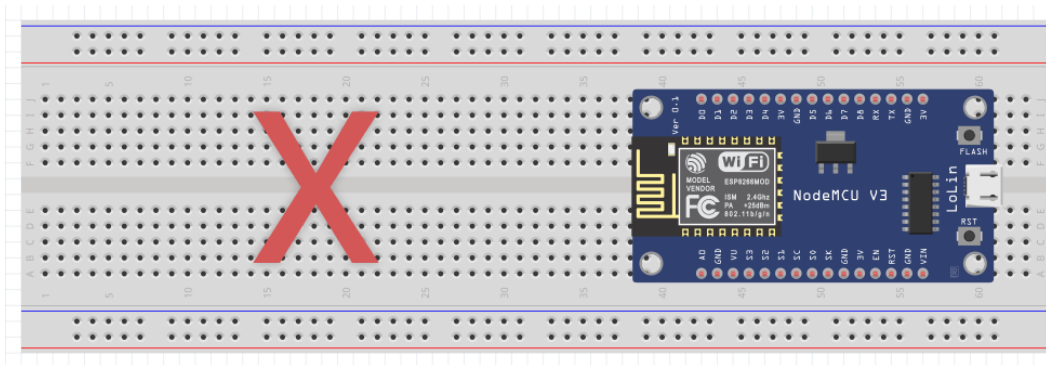


Fonte: Arduino Portugal (2017).

2.6 Modelo de montagem

O NodeMCU ESP8266 é o cérebro do sistema e, portanto, começaremos por ele. Para utilizá-lo, basta inseri-lo na protoboard, conforme indicado na Figura 8. É importante observar a largura do microcontrolador em relação à protoboard. Se estiver utilizando uma protoboard de tamanho padrão, é comum que não haja espaço nas laterais para conectar os outros componentes, como mostrado na Figura 7. Esse problema pode ser resolvido adicionando uma segunda protoboard ao lado (como visto na Figura 8), ou optando por uma protoboard de tamanho maior.

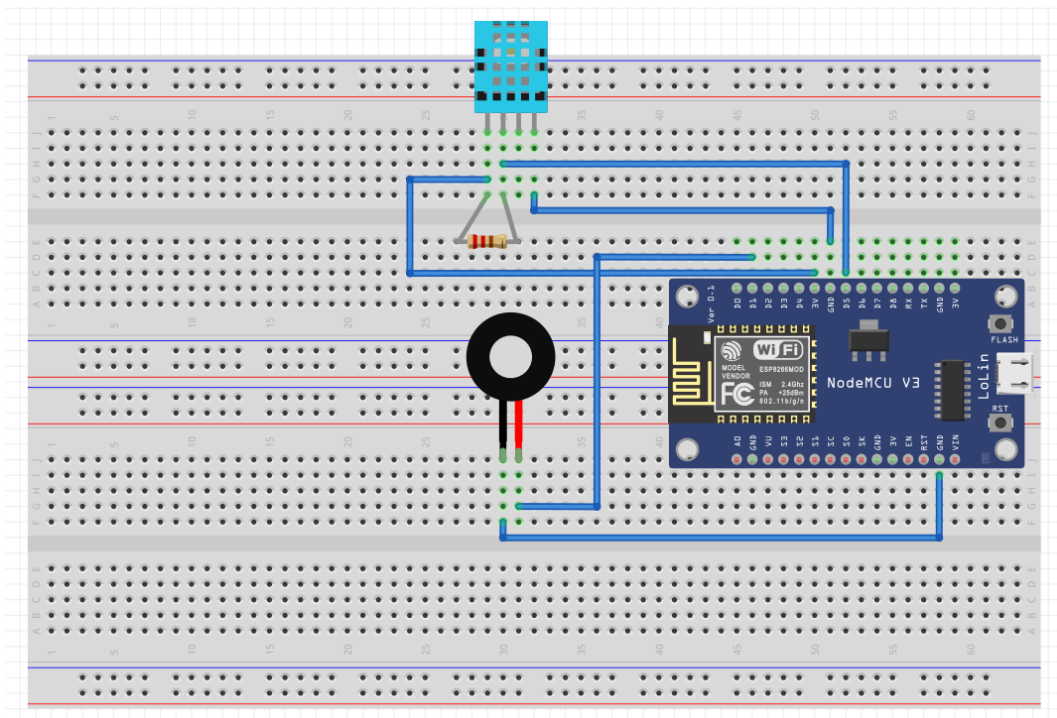
Figura 7 – Encaixe inutilizável do NodeMCU



Fonte: autoria própria

Após realizado o encaixe do NodeMCU ESP8266 na protoboard podemos dar seguimento a criação do projeto, nesse ponto conectaremos o DHT11 e o buzzer ativo ao microcontrolador.

Figura 8 - Modelo de montagem



Fonte: autoria própria

Começando pelo DHT11 devemos conectar o pino VCC do sensor ao pino 3.3V do microcontrolador, como visto anteriormente, esse pino do microcontrolador será utilizado para alimentar o DHT11, para concluir o circuito de alimentação conectamos o pino GND do sensor ao pino GND do microcontrolador, uma vez concluído a alimentação do sensor podemos nos direcionar a obtenção dos dados, para isso devemos conectar o pino de Data a um pino GPIO,

na criação do modelo utilizamos o pino D5 do NodeMCU, concluído estes passos podemos fazer o uso do sensor. Em algumas versões do sensor haverá um passo extra que é conectar um resistor de $10K\Omega$ entre a fileira do pino VCC e do pino Data como visto na Figura 8, alguns sensores contam com este resistor embutido, não sendo necessário executar este passo.

Quanto ao buzzer ativo a conexão é bem simples de ser feita, apenas é preciso conectar o pino GND do buzzer ao pino GND do microcontrolador e o pino positivo do buzzer a um pino GPIO do NodeMCU, no modelo utilizamos o pino D2. No contexto deste projeto, o buzzer será acionado em resposta a condições específicas, como baixa umidade relativa, alta umidade relativa, temperaturas extremamente baixas ou altas. Também devemos estar atentos à voltagem do buzzer ativo. Os buzzers de 5V são comumente utilizados em conjunto com o Arduino UNO, por exemplo. No entanto, o NodeMCU possui saídas de apenas 3.3V, o que significa que o buzzer adquirido deve ser de 3V para garantir uma operação adequada.

2.7 Contextualização do problema e solução

Em muitas situações, o monitoramento preciso das condições ambientais é fundamental para garantir a segurança, a eficiência e a qualidade de diversos processos. Isso se aplica a ambientes como espaços de armazenamento, estufas, residências e outros locais onde variações de temperatura e umidade podem causar problemas.

Neste contexto, o projeto propõe uma solução para a coleta de informações sobre temperatura e umidade. O sistema desenvolvido pode detectar variações nesses parâmetros e alertar os usuários para condições fora dos limites desejados. A solução também possui um buzzer ativo que pode emitir alertas audíveis quando as condições ambientais atingem níveis críticos, como alta ou baixa umidade ou temperaturas fora dos limites.

Através da integração com a conectividade Wi-Fi, os dados coletados pelo sistema podem ser acessados remotamente e visualizados em tempo real, proporcionando aos usuários uma visão abrangente das condições ambientais em locais específicos. Isso permite a monitoração de ambientes diversos, bem como a capacidade de tomar ações mediante condições anormais.

2.8 Protocolo MQTT

O protocolo MQTT é amplamente utilizado quanto o assunto é IoT, e o motivo disto se deve a sua estrutura leve e design otimizado para minimizar a sobrecarga de rede. Seu modelo de publicação e assinatura permite que os dispositivos publiquem mensagens em tópicos, de tal maneira a permitir que outros dispositivos possam se inscrever para receber mensagens de um ou mais tópicos que lhe forem relevantes.

2.8.1 Integração

A integração do protocolo MQTT neste projeto é feita através da biblioteca PubSubClient que, após especificado o broker, nos permite realizar operações de publicação e inscrição nos tópicos. O servidor MQTT (broker) utilizado é o test.mosquitto.org na porta 1883 e evidentemente é necessário ter acesso a internet para utilizá-lo.

2.8.2 Troca de mensagens

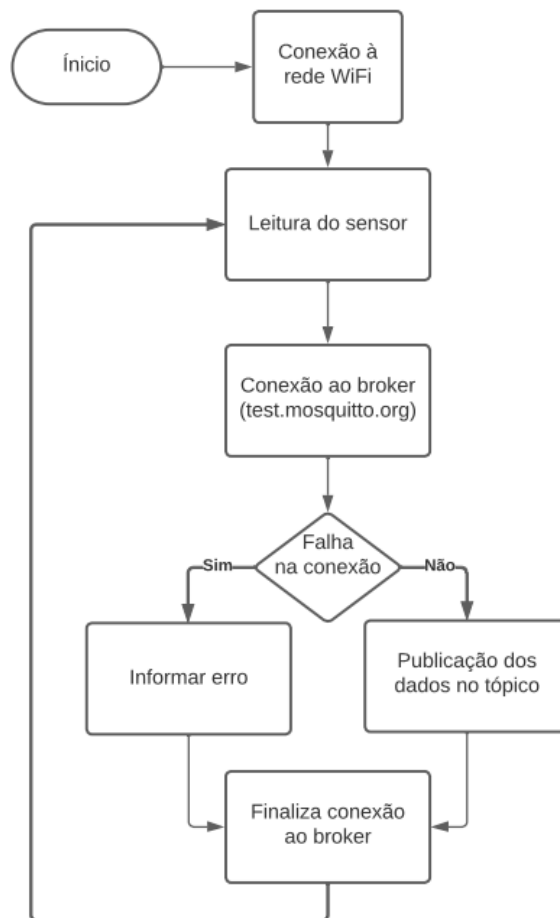
Uma vez obtido os dados dos sensores, que no caso em questão se trata do DHT11, podemos efetuar a publicação destes dados para o tópico, mas antes de enviar é importante converter estes dados para JSON ou similar a fim de facilitar o consumo destes dados posteriormente pelo dispositivo inscrito no tópico.

2.8.3 Fluxograma

Este fluxograma (Figura 8) representa de forma visual o funcionamento do sistema de monitoramento ambiental desenvolvido. O processo inicia-se com a inicialização do NodeMCU, que estabelece a conexão com a rede Wi-Fi. Após a conexão bem-sucedida, o sistema entra em um loop de leitura dos dados do sensor DHT11.

Durante cada iteração do loop, os dados de temperatura e umidade são adquiridos do sensor. Em seguida, o sistema utiliza a biblioteca PubSubClient para conectar-se ao servidor MQTT. Se a conexão MQTT é estabelecida com sucesso, os dados são formatados em uma mensagem JSON e publicados no tópico específico. Caso ocorra alguma falha na conexão MQTT, o sistema retorna ao início do loop, aguardando a próxima iteração.

Figura 8 - Fluxograma

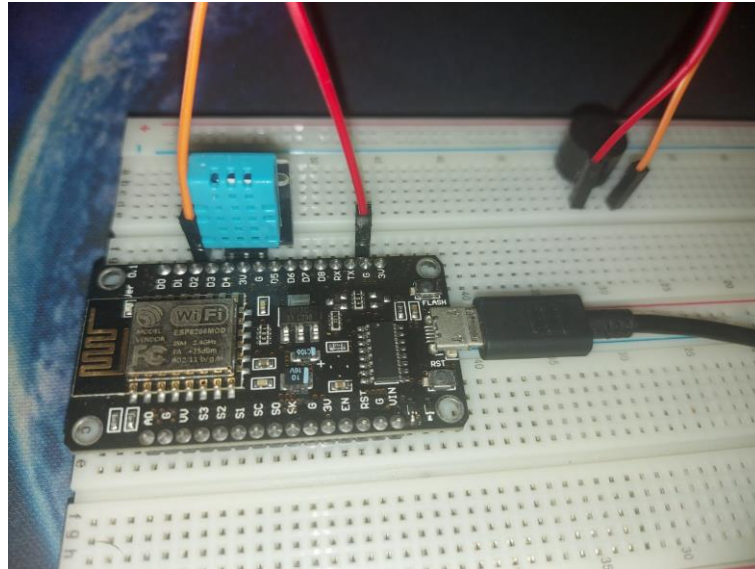


Fonte: autoria própria

3 RESULTADOS

Na Figura 9, é apresentada a montagem física do protótipo em funcionamento. Os componentes incluem todos que foram descritos na seção Materiais e Métodos e as conexões estão dispostas de acordo com o esquema apresentado anteriormente. A montagem foi realizada de forma a garantir a estabilidade e integridade dos componentes.

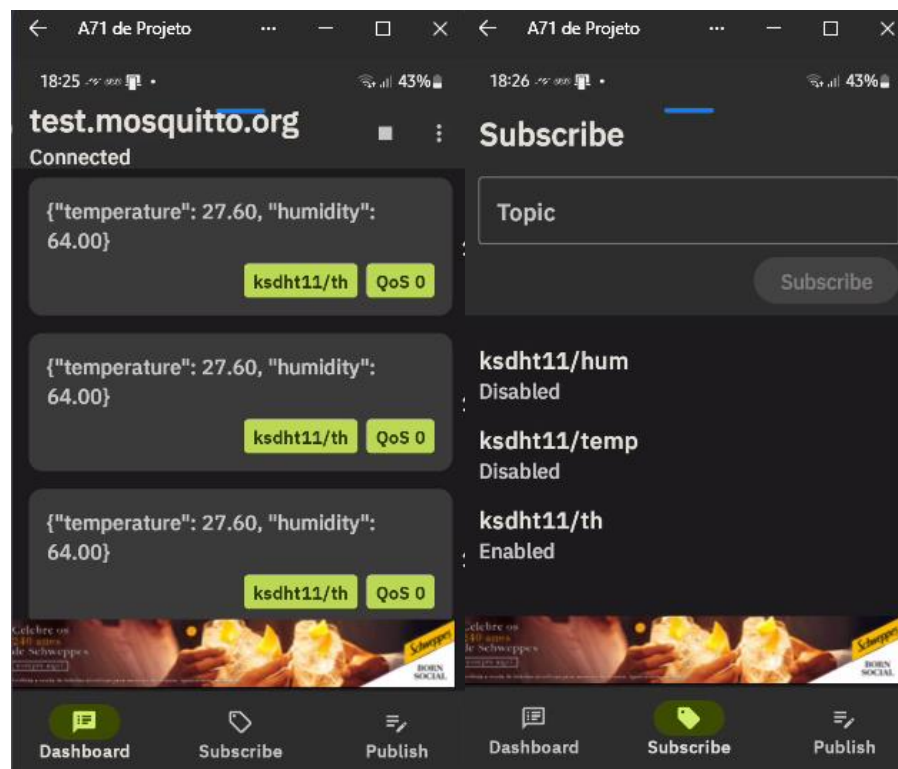
Figura 9 – Montagem física



Fonte: autoria própria

A Figura 10 exibe uma captura de tela da interface MyMQTT, mostrando a comunicação bem-sucedida entre o dispositivo e o broker MQTT. O tópico ksdht11/th está sendo atualizado conforme a leitura dos sensor.

Figura 10 – MyMQTT inscrito no tópico ksdht/th



Fonte: autoria própria

Para uma apresentação mais dinâmica, assista ao vídeo-demonstração no YouTube https://youtu.be/7_gKnj9bXl4. No vídeo, são apresentados os resultados dos testes, detalhes sobre o funcionamento do hardware e uma explicação sobre o código desenvolvido.

Tabela com métricas de tempo

Núm. Medida	Sensor/Atuador	Tempo de resposta (em segundos)
1	DHT11	1
2	DHT11	1
3	DHT11	1
4	DHT11	1
1	Buzzer Ativo	0
2	Buzzer Ativo	0
3	Buzzer Ativo	0
4	Buzzer Ativo	0

Para fornecer um acesso aberto à documentação detalhada do projeto, acesse o repositório no GitHub disponível em <https://github.com/kassio03/monitoramento-temperatura-umidade>.

4 CONCLUSÕES

Todos os objetivos inicialmente propostos foram alcançados, resultando em uma implementação bem-sucedida do sistema de monitoramento ambiental que utiliza o NodeMCU, sensor DHT11 e protocolo MQTT. Os principais desafios enfrentados envolveram a dificuldade de encaixe do NodeMCU na protoboard, solucionada com a aquisição de uma segunda protoboard, e a semelhança nos datasheets de diferentes variantes do DHT11, exigindo atenção extra durante a implementação física.

As vantagens do projeto destacam-se na integração eficiente entre hardware e software, comunicação confiável com o servidor MQTT e na flexibilidade para expansão do sistema. Por outro lado, as desvantagens incluem os obstáculos físicos mencionados anteriormente.

Para aprimorar o projeto, seria interessante explorar opções de protoboards mais adaptáveis, visando facilitar o transporte e armazenamento.



REFERÊNCIAS

NodeMCU ESP8266. **Components101**. Disponível em:

<<https://components101.com/development-boards/nodemcu-esp8266-pinout-features-and-datasheet>>. Acesso em: 26 de set. 2023.

ESP8266 DHT11/DHT22 Temperature and Humidity Web Server with Arduino IDE.

Random Nerd Tutorials. Disponível em: <[https://randomnerdtutorials.com/esp8266-](https://randomnerdtutorials.com/esp8266-dht11dht22-temperature-and-humidity-web-server-with-arduino-ide/)

[dht11dht22-temperature-and-humidity-web-server-with-arduino-ide/](https://randomnerdtutorials.com/esp8266-dht11dht22-temperature-and-humidity-web-server-with-arduino-ide/)>. Acesso em: 26 de set. 2023.

GND: tudo que você precisa saber sobre essas siglas. **Hwlibre**. Disponível em:

<<https://www.hwlibre.com/pt/gnd/>>. Acesso em: 26 de set. 2023.

NodeMCU I2C with Arduino IDE. **Eletronic Wings**. Disponível em: <

<https://www.electronicwings.com/nodemcu/nodemcu-i2c-with-arduino-ide>>. Acesso em: 26 de set. 2023.

ESP8266 Pinout Reference. **Last Minute Engineers**. Disponível em:

<<https://lastminuteengineers.com/esp8266-pinout-reference/>>. Acesso em 26 de set. de 2023.

Protoboard: o que é e como usar. **IPElab** Disponível em: < [https://ipelab.ufg.br/n/156373-](https://ipelab.ufg.br/n/156373-protoboard-o-que-e-e-como-usar#:~:text=Em%20outras%20palavras%2C%20a%20protoboard,e%20agilidade%20em%20diferentes%20atividades.>)

[protoboard-o-que-e-e-como-usar#:~:text=Em%20outras%20palavras%2C%20a%20protoboard,e%20agilidade%20em%20diferentes%20atividades.](https://ipelab.ufg.br/n/156373-protoboard-o-que-e-e-como-usar#:~:text=Em%20outras%20palavras%2C%20a%20protoboard,e%20agilidade%20em%20diferentes%20atividades.>)> Acesso em 26 de set. 2023.

PROTOBOARD COMO FUNCIONA. Elcereza. Disponível em:

<<https://elcereza.com/protoboard/>>. Acesso em 26 de set. 2023.

DHT11 basic temperature-humidity sensor + extras. **Adafruit**. Disponível em: <

[https://www.adafruit.com/product/386#:~:text=It%20uses%20a%20capacitive%20humidity,careful%20timing%20to%20grab%20data.](https://www.adafruit.com/product/386#:~:text=It%20uses%20a%20capacitive%20humidity,careful%20timing%20to%20grab%20data.>)>. Acesso em 26 de set. 2023.

Interfacing of DHT11 Sensor With ESP8266 nodemcu. **Techatronic**. Disponível em: <<https://techatronic.com/interfacing-of-dht11-sensor-with-esp8266-nodemcu/>>. Acesso em 26 de set. 2023.

Qual a diferença entre Buzzer Ativo vs Buzzer Passivo. Arduino **Portugal**. Disponível em: <<https://www.arduinoportugal.pt/qual-diferenca-buzzer-ativo-vs-buzzer-passivo/>>. Acesso em 26 de set. 2023.

What are Jumper Wires: Know by Colour, Type and Uses. **Willtronics**. Disponível em: <<https://www.wiltronics.com.au/wiltronics-knowledge-base/what-are-jumper-wires/#:~:text=Jumper%20wires%20are%20electrical%20wires,diagnose%20problems%20in%20a%20circuit.>>. Acesso em 26 de set. 2023.