

SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DE MINI BOMBA D'ÁGUA REMOTAMENTE

Paulo G. S. Gomes ⁽¹⁾ (paulogabriel@acad.ifma.edu.br), Nathally S. M. Garcia ⁽²⁾ (nathally.sophia@acad.ifma.edu.br), Franciane S. S. da Hora ⁽³⁾ (silvasantos@acad.ifma.edu.br), Klebson M. S. Mendes ⁽⁴⁾ (klebsonmax@acad.ifma.edu.br);

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA);
Departamento de Engenharia Elétrica;

RESUMO: A água, recurso essencial e paradoxalmente escasso, demanda soluções eficientes para sua gestão e prevenção do desperdício. Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de controle de uma mini bomba submersa via interface web, visando otimizar o uso da água e prevenir o desperdício. O sistema utiliza o sensor HC-SR04 para medição de nível, o microcontrolador Raspberry Pi Pico W para processamento e conectividade, e um relé de 5V para o acionamento da bomba, tudo controlado através de uma página HTML intuitiva. A metodologia incluiu o projeto do hardware, o desenvolvimento do firmware em C para o Raspberry Pi Pico W, e a criação da interface web. Os testes de funcionalidade e calibração demonstraram a eficácia e a responsividade do sistema, confirmando a viabilidade da solução para monitoramento e gestão de líquidos em pequenos reservatórios. O sistema oferece uma abordagem de baixo custo e fácil acesso, contribuindo para práticas mais conscientes no consumo de água.

PALAVRAS-CHAVE: Controle de bomba; Raspberry Pi Pico W; Sensor ultrassônico; Interface web; Gestão hídrica.

1. INTRODUÇÃO

A água, apesar de cobrir a maior parte da superfície terrestre, é um recurso escasso quando se trata de disponibilidade para consumo humano e atividades essenciais. Cerca de 0,3% da água do planeta é potável e acessível (Ribeiro, 2018), e no Brasil, mesmo com vasta reserva hídrica, a gestão e as crises de escassez são preocupantes. Esse cenário exige a adoção de práticas conscientes de uso e preservação.

Nesse contexto, a tecnologia desempenha um papel crucial. A aplicação de sensores para a obtenção de dados em tempo real é fundamental para entender padrões de consumo e identificar desperdícios. A medição e o controle de volume de líquidos surgem como uma solução inovadora para mitigar a escassez. Ao integrar sensores em sistemas de monitoramento, é possível coletar informações para tomadas de decisão que promovam uma gestão mais eficiente e sustentável da água.

¹ Profa. Dra. Priscila Lima Rocha, Instituto Federal do Maranhão – Campus Monte Castelo (Engenharia Elétrica) – e-mail: priscila.rocha@ifma.edu.br

A principal motivação para este trabalho surge de uma problemática do dia a dia: a necessidade de ligar e desligar bombas d'água manualmente, o que pode ser cansativo e estressante, além de gerar preocupações com transbordamento, desperdício de água e consumo desnecessário de energia. Além disso, sistemas de automação disponíveis costumam ter altos custos, limitando o acesso a essa tecnologia.

Diante desse cenário, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de controle automatizado para mini bombas submersas, acessível via interface web, visando otimizar o gerenciamento hídrico e proporcionar maior comodidade ao usuário. Especificamente, o sistema busca: monitorar o nível da água em reservatórios utilizando o sensor ultrassônico HC-SR04; integrar a placa BitdogLab para processar os dados e acionar a bomba por meio de um módulo relé de 5V; permitir o controle remoto da bomba por meio de uma interface web intuitiva; indicar visualmente o nível da água com LEDs (vermelho para baixo, azul para intermediário e verde para alto); e utilizar componentes de baixo custo, tornando a solução economicamente viável para um público mais amplo.

2. METODOLOGIA

Nesta seção, são apresentados os materiais utilizados e os procedimentos adotados para a implementação do sistema de controle automatizado da mini bomba submersa, incluindo a configuração do hardware, a integração dos sensores e atuadores, e o desenvolvimento da interface web para monitoramento e controle remoto.

2.1 Materiais Utilizados

Para a implementação do sistema, foram utilizados os seguintes componentes:

- Raspberry Pi Pico W: Microcontrolador baseado no chip RP2040 e conectividade Wi-Fi integrada. Atua como o cérebro do sistema, responsável pela leitura do sensor, controle do relé e hospedagem da interface web;
- Sensor HC-SR04: Utilizado para a medição do nível de água no recipiente;
- Relé de 5V: Componente que permite o acionamento e desacionamento da mini bomba submersa a partir dos sinais de baixa corrente do Raspberry Pi Pico W;
- Mini Bomba Submersa: Atuador responsável por movimentar a água, controlada pelo módulo relé;
- Suporte para Pilhas: Fornece a alimentação necessária para a mini bomba submersa (geralmente 5V ou 12V, dependendo do modelo da bomba);
- Mangueira Cristal 1/4 de 1 metro: Utilizada para direcionar o fluxo de água bombeada;

- Fios Jumper: Utilizados para realizar as conexões elétricas entre os componentes na protoboard;
- LEDs (Vermelho, Verde, Azul): Indicadores visuais do nível de água e status do sistema;
- Buzzer: Componente para feedback sonoro, indicando o estado de operação da bomba;
- Display OLED SSD1306 (128x64 pixels): Utilizado para exibir informações sobre o sistema, como distância e nível de água, diretamente no dispositivo.

2.2 Projeto do Hardware

O projeto do hardware envolveu a seleção e a interconexão dos componentes para formar o circuito funcional. O diagrama de conexão (Figura 2) ilustra a disposição dos componentes e suas respectivas ligações ao Bitdoglab.

As conexões foram estabelecidas da seguinte forma:

- **Sensor HC-SR04:**
 - Vcc conectado ao 5V do Raspberry Pi Pico W;
 - Gnd conectado ao Gnd do Raspberry Pi Pico W;
 - Pino Trig (Trigger) conectado ao GPIO 17 do Raspberry Pi Pico W;
 - Pino Echo conectado ao GPIO 16 do Raspberry Pi Pico W.
- **Módulo Relé:**
 - Vcc conectado ao 5V do Raspberry Pi Pico W;
 - Gnd conectado ao Gnd do Raspberry Pi Pico W;
 - Pino de controle (IN) conectado ao GPIO 18 do Raspberry Pi Pico W.

A mini bomba submersa foi conectada aos terminais do relé, garantindo que o circuito de potência da bomba fosse isolado do microcontrolador.

- **Mini Bomba Submersa:**
 - Alimentada pelo suporte de pilhas, com seus terminais conectados ao módulo relé.

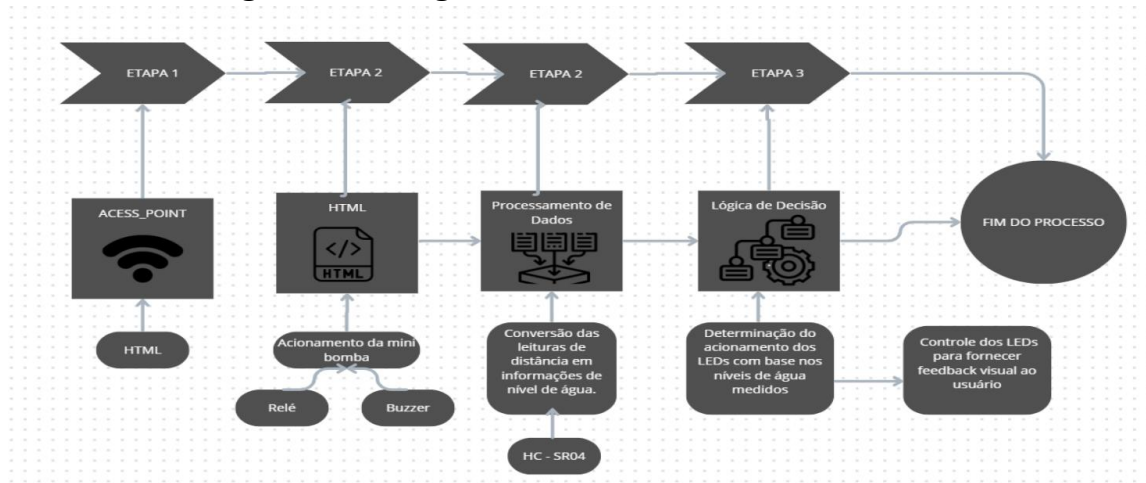
Todos os LEDs estão conectados ao Gnd através de um resistor limitador de corrente.

- **LEDs:**
 - LED Vermelho conectado ao GPIO 13;
 - LED Verde conectado ao GPIO 11;
 - LED Azul conectado ao GPIO 12.
- **Buzzer:**
 - Conectado ao GPIO 21 do Raspberry Pi Pico W.
- **Display OLED SSD1306:**

- SDA (Serial Data) conectado ao GPIO 14 (I2C1 SDA) do Raspberry Pi Pico W;
- SCL (Serial Clock) conectado ao GPIO 15 (I2C1 SCL) do Raspberry Pi Pico W;
- Vcc e Gnd conectados às respectivas portas de alimentação do Raspberry Pi Pico W.

2.3 Fluxograma de Funcionamento do Sistema

Figura 1 - Fluxograma de Funcionamento do Sistema.



Fonte: Autoria própria, 2025.

O diagrama da Figura 1 ilustra o fluxo de funcionamento do sistema proposto, dividido em etapas interconectadas que garantem o controle e monitoramento eficiente do nível de líquidos:

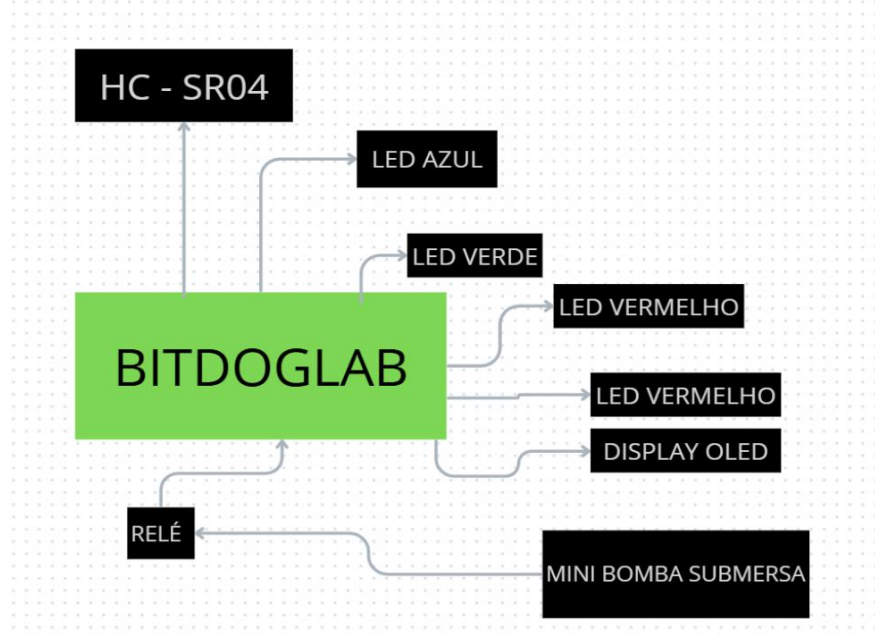
- **Etapa 1 - Acesso e Interface Inicial:** processo tem início com o estabelecimento de um Access Point (Ponto de Acesso), que permite a conexão do usuário ao sistema. Através de uma interface HTML acessível via navegador web, o usuário pode interagir diretamente com o sistema. Esta etapa inicial é fundamental para que o usuário possa enviar comandos para o acionamento da mini bomba, que é controlada por um Relé e acompanhada por um Buzzer para sinalização sonora.
- **Etapa 2 - Aquisição e Processamento de Dados:** O sistema, além de controlar a bomba, realiza a conversão das leituras obtidas pelo sensor ultrassônico HC-SR04 em informações sobre o nível da água. O sensor mede a distância até a superfície do líquido e envia os dados coletados ao módulo de processamento, que interpreta os valores e os transforma em informações compreensíveis sobre o nível atual do reservatório.
- **Etapa 3 - Lógica de Decisão e Feedback Visual:** nesta etapa, são aplicadas regras predefinidas para a Determinação do acionamento dos LEDs com base nos níveis de água medidos. Essa lógica define quando e como os LEDs indicadores devem se comportar,

fornecendo um Controle dos LEDs para fornecer feedback visual ao usuário. Este feedback visual é crucial para que o usuário tenha uma compreensão rápida e intuitiva do estado do nível do líquido, sem a necessidade de consultar a interface web a todo momento.

Finalmente, todas essas etapas culminam no Fim do Processo, que representa a operação contínua e integrada do sistema de monitoramento e controle. Esse fluxo garante que o sistema seja robusto, interativo e forneça informações precisas para o gerenciamento do uso da água.

2.4 Especificação do Hardware

Figura 2 - Diagrama da especificação de hardware do sistema.



Fonte: Autoria própria, 2025.

A Figura 2 apresenta o diagrama da especificação de hardware do sistema, detalhando os componentes essenciais e suas interconexões.

No centro da arquitetura está a placa BITDOGLAB, que atua como a unidade de processamento central e o principal ponto de interconexão para os demais componentes. Esta placa é responsável por gerenciar a lógica do sistema, processar os dados dos sensores e controlar os atuadores.

Para a medição do nível de líquidos, o sistema emprega o sensor HC-SR04. Este sensor é diretamente conectado à BITDOGLAB, enviando os dados de distância que serão utilizados para calcular o volume ou o nível do líquido no reservatório.

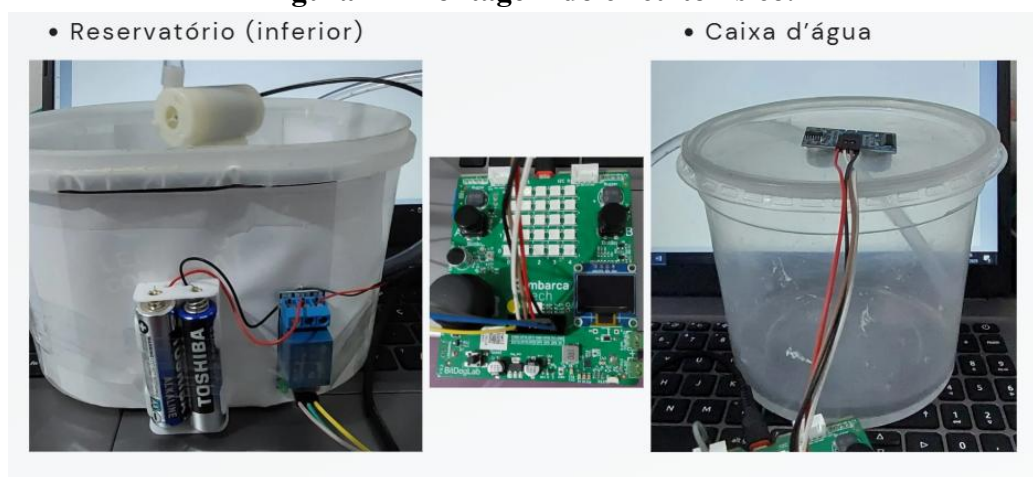
A interação visual com o usuário é fornecida por um conjunto de LEDs e um display. O sistema utiliza um LED Azul e um LED Verde, que podem ser configurados para indicar diferentes estados ou níveis específicos do reservatório. Além disso, dois LEDs Vermelhos são incorporados, possivelmente para alertar sobre condições críticas, como níveis muito baixos ou outros avisos importantes. Um Display OLED também está conectado à BITDOGLAB, permitindo a exibição de informações mais detalhadas e textuais sobre o nível da água ou o status do sistema.

Para o controle da mini bomba submersa, um Relé é utilizado. Este componente é conectado à BITDOGLAB e atua como um interruptor eletrônico, permitindo que a placa controle o fornecimento de energia para a Mini Bomba Submersa. Essa bomba é o atuador principal responsável por movimentar o líquido, seja para esvaziar ou encher o reservatório, conforme a lógica programada no sistema.

Essa configuração de hardware foi projetada para garantir um sistema de monitoramento e controle eficiente, com capacidade de aquisição de dados, feedback visual e controle de atuação, utilizando componentes de baixo custo e alta disponibilidade.

2.5 Montagem do Circuito Físico

Figura 4 - Montagem do circuito físico.



Fonte: Autoria própria, 2025.

A montagem do circuito foi realizada integrando os componentes selecionados para o sistema de controle da mini bomba submersa. A bomba foi conectada ao módulo relé de 5V, que atua como um interruptor eletrônico, permitindo que a placa BITDOGLAB controle seu acionamento de forma segura, isolando a parte de potência, enquanto a bomba foi posicionada no reservatório inferior. O módulo relé foi ligado à BITDOGLAB por um pino digital, possibilitando o envio de comandos para ligar ou desligar a bomba.

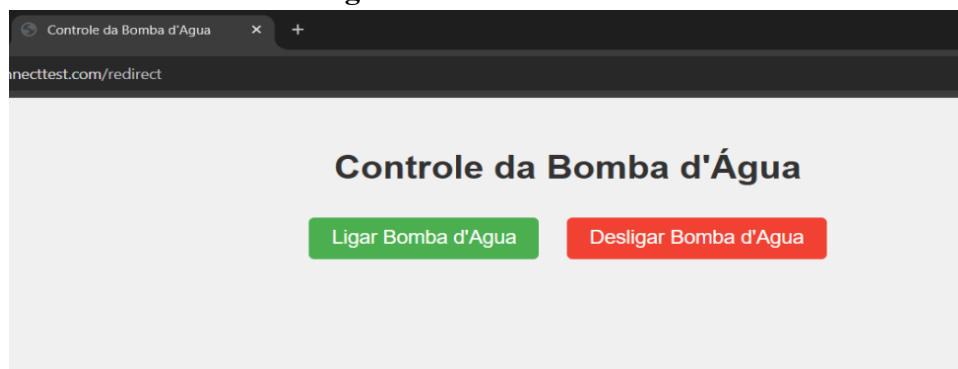
O sensor ultrassônico HC-SR04 foi posicionado na parte superior da caixa d'água, com os pinos VCC, GND, Trigger e Echo conectados à placa, medindo o nível da água através do tempo de retorno dos pulsos ultrassônicos. A BITDOGLAB, atuando como o cérebro do sistema, recebeu as conexões do sensor, do relé e dos LEDs, além de hospedar o código-fonte responsável pelo processamento dos dados, controle do relé e gerenciamento da interface web.

Os LEDs indicadores (vermelho, azul e verde) foram conectados a pinos digitais da BITDOGLAB e configurados para sinalizar visualmente o nível da água, proporcionando feedback instantâneo ao usuário. Essa configuração permitiu a automação do enchimento da caixa d'água, com monitoramento e controle remoto por meio da interface web.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção detalha os resultados obtidos com a implementação do sistema de automação da bomba d'água, demonstrando a eficácia e a funcionalidade da solução proposta. Os testes realizados abrangeram a conectividade, a precisão das medições do sensor ultrassônico, o controle da mini bomba submersa via interface web e o feedback visual e sonoro fornecido ao usuário.

Figura 5 - Interface Web.



Fonte: Autoria própria, 2025.

3.1 Interface Web de Controle e Acesso

A interface web desenvolvida em HTML (conforme ilustrado na Figura 5) provou ser um meio eficaz e intuitivo para o controle manual da mini bomba d'água. A página "Controle da Bomba D'água" foi acessível a partir de dispositivos conectados ao Access Point gerado pelo Raspberry Pi Pico W, permitindo ao usuário ligar e desligar a bomba com facilidade por meio de botões dedicados ("Ligar Bomba D'água" e "Desligar Bomba D'água"). A comunicação HTTP entre a interface e o microcontrolador demonstrou robustez e baixa latência, resultando em uma resposta quase imediata aos comandos do usuário.

3.2 Monitoramento do Nível de Água e Feedback Visual

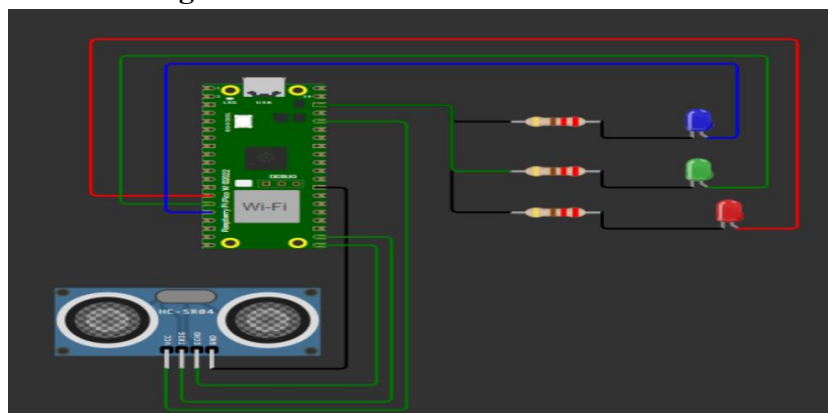
O sensor HC-SR04, integrado ao Raspberry Pi Pico W, realizou medições contínuas do nível de água no reservatório, convertendo os dados em informações utilizadas pela lógica de decisão do sistema. O feedback visual foi fornecido por LEDs: azul para nível alto, verde para nível adequado e vermelho para nível baixo ou crítico, permitindo que o usuário identifique rapidamente a situação do reservatório. Complementando os LEDs, o display OLED SSD1306 apresentou informações detalhadas, como a distância medida pelo sensor e o nível de água correspondente, fornecendo um feedback numérico e textual em tempo real e tornando o monitoramento mais preciso e intuitivo.

3.3 Controle da Bomba e Sinais Sonoros

O módulo relé de 5V demonstrou ser um componente confiável para o acionamento e desacionamento seguro da mini bomba submersa. A interação com a interface web resultou no controle eficaz da bomba, permitindo o bombeamento ou interrupção do fluxo de água conforme o comando do usuário. O sistema também incorporou um Buzzer para fornecer feedback sonoro sobre o status de operação da bomba. Por exemplo, um sinal sonoro específico pôde ser configurado para indicar o acionamento da bomba, seu desligamento, ou mesmo alertas sobre o nível de água, complementando os indicadores visuais e reforçando a usabilidade do sistema.

3.4 Teste no Simulador: Monitoramento do Nível de Água

Figura 6 - Circuito Simulado no Wokwi.



Fonte: Autoria própria, 2025.

A Figura 5 ilustra a montagem do circuito no simulador, focando na interconexão do sensor ultrassônico HC-SR04 e dos LEDs de monitoramento de nível com o Raspberry Pi Pico W. Este ambiente de simulação foi crucial para a validação da lógica de leitura do sensor e do acionamento dos LEDs antes da implementação física.

3.4.1 Metodologia do Teste

O simulador foi configurado para emular diferentes níveis de água, variando a distância detectada pelo sensor HC-SR04. Três estados foram definidos, cada um associado a um LED: azul para nível alto, verde para nível adequado e vermelho para nível baixo. Os resistores protegeram os LEDs, e as conexões de alimentação (VCC e GND), sinal (Trig e Echo) e controle dos LEDs foram feitas conforme o projeto elétrico, recebendo sinais digitais do Raspberry Pi Pico W.

3.4.2 Resultados Obtidos no Simulador

Os testes no simulador confirmaram o funcionamento do sistema de monitoramento de nível de água. Ao variar virtualmente a distância detectada pelo HC-SR04, os LEDs acionaram corretamente: azul para nível alto, verde para intermediário e vermelho para baixo. A simulação validou a lógica de programação, as conexões de hardware e o feedback visual, garantindo a eficácia do controle dos LEDs antes dos testes no protótipo físico.

3.4.3 Confiabilidade e Desempenho do Sistema Integrado

A integração do Raspberry Pi Pico W, sensor HC-SR04, módulo relé, LEDs, Display OLED, firmware e interface web resultou em um sistema coeso e confiável. A comunicação sem fio via Access Point do Pico W se mostrou estável, permitindo o controle remoto da bomba e o monitoramento em tempo real do nível do líquido. A calibração do sensor e a lógica de acionamento garantiram leituras precisas e respostas corretas da bomba, com feedbacks visuais e sonoros consistentes. O sistema desenvolvido oferece uma solução prática, eficiente e de baixo custo para o monitoramento e automação de bombas d'água, contribuindo para a gestão hídrica e a prevenção do desperdício em residências ou pequenos sistemas de irrigação.

4. CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração dos componentes de hardware, placa BITDOGLAB, sensor HC-SR04, relé, LEDs indicadores e interface web, resultou em um sistema coeso e confiável, permitindo o controle remoto da bomba e o monitoramento em tempo real do nível de água. A calibração do sensor e a programação da lógica de acionamento garantiram leituras precisas e feedback visual consistente pelos LEDs. O sistema desenvolvido é uma solução prática, de baixo custo e eficiente para o monitoramento e controle de bombas d'água, contribuindo para a gestão consciente dos recursos hídricos e a redução do desperdício de água. Como melhoria futura, sugere-se a implementação de automação total da bomba, com acionamento automático em níveis críticos, visando maior comodidade, segurança operacional e eficiência no consumo de água e energia. Dessa forma, o sistema proposto contribui para soluções de automação acessíveis e sustentáveis, alinhadas às demandas atuais de preservação hídrica.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder força e sabedoria durante a realização deste projeto. Aos meus familiares, pelo apoio incondicional, e aos professores e colegas do Curso EMBARCATECH, que contribuíram com conhecimento e incentivo ao longo da jornada acadêmica.

6. REFERÊNCIAS

BASTOS, T. F.; ABREU, J. M. M.; POVEDA, L. Uso de sensores ultrassônicos na medição de parâmetros em robótica e outras aplicações. *Revista Controle & Automação*, v. 3, p. 299-303, 1992.

MAIER, A.; SHARP, A.; VAGAPOV, Y. Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things. In: *INTERNET TECHNOLOGIES AND APPLICATIONS (ITA)*, 2017, Wrexham. Anais [...]. Wrexham: [s. n.], 2017. p. 143-148.

RIBEIRO, S. L. Considerações iniciais sobre a segurança hídrica do Brasil. *Revista Brasileira de Estudos de Defesa*, v. 4, n. 1, p. 155-180, 2018. DOI: 10.26792/rbed.v4n1.2017.70306. Disponível em: <https://rbed.abcdef.org/rbed/article/view/70306>. Acesso em: 10 jul. 2025.

ELECFREAKS. *Ultrasonic Ranging Module HC-SR04: Datasheet*. Disponível em: <http://users.ece.utexas.edu/~valvano/Datasheets/HCSR04b.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2025.

SOUZA, V. A. *Desenvolvendo projetos em Visual Basic para Raspberry: volume único*. São Paulo: Clube de Autores, 2017. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=TdpoEAAAQBAJ>. Acesso em: 13 jul. 2025.

TEIXEIRA JÚNIOR, J.; JOSÉ, H. Tratamento da interferência da temperatura em sensor de distância ultrassônico HC-SR04. Ouro Preto: UFOP, 2022. Disponível em: <https://monografias.ufop.br/handle/35400000/4797>. Acesso em: 13 jul. 2025.

MARTINS, J. H. S. et al. Desenvolvimento de um sistema de automação residencial utilizando microcontrolador Arduino Mega Pro e ESP8266. Goiânia: IFG, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifg.edu.br/handle/prefix/2056>. Acesso em: 13 jul. 2025.