

CAPÍTULO 2

IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA: SISTEMA DE IRRIGAÇÃO BASEADO EM SISTEMAS EMBARCADOS



<https://doi.org/10.22533/at.ed.128112517032>

Data de aceite: 03/04/2025

Matheus Sobreira Benevides

Departamento de Ciência da Computação-Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) Natal – RN – Brazil

Glaucia Melissa Medeiros Campos

Departamento de Ciência da Computação-Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) Natal – RN – Brazil

Felipe Denis Mendonça de Oliveira

Departamento de Ciência da Computação-Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) Natal – RN – Brazil

conjunto de sensores. O protótipo monitora a umidade do solo e a temperatura ambiente por meio dos sensores FC-28 e DHT11, respectivamente, e controla uma bomba d'água via módulo relé. A integração com a plataforma Blynk permitiu o monitoramento remoto em tempo real através de interfaces web e mobile. Testes evidenciaram que a integração com a plataforma Blynk permitiu o monitoramento remoto, garantindo praticidade e eficiência no gerenciamento do protótipo de irrigação desenvolvido.

AUTOMATED IRRIGATION: IRRIGATION SYSTEM BASED ON EMBEDDED SYSTEMS

ABSTRACT: Agriculture is the primary consumer of freshwater globally. With population growth, water demand in agriculture increases, especially in the face of extreme climate change predictions. This raises concerns about access to drinking water. Precision agriculture is a solution to reduce water consumption by measuring parameters such as soil moisture and temperature for real-time irrigation control. This study develops an automated irrigation system using fuzzy logic through an ESP32 microcontroller and a set of sensors. The

RESUMO: A agricultura é a principal consumidora de água doce a nível global. Com o crescimento populacional, a demanda por água na agricultura aumenta, especialmente diante das previsões de mudanças climáticas extremas. Isso levanta preocupações sobre o acesso à água potável. A agricultura de precisão surge como solução para reduzir o consumo de água, ao empregar medição de parâmetros como umidade do solo e temperatura para controle da irrigação em tempo real. Este trabalho desenvolve um sistema de irrigação automatizado utilizando lógica fuzzy através de um microcontrolador ESP32 e um

prototype monitors soil moisture and ambient temperature using the FC-28 and DHT11 sensors and controls a water pump via a relay module. Integration with the Blynk platform enabled real-time remote monitoring through web and mobile interfaces. Tests demonstrated that integrating with the Blynk platform allowed remote monitoring, ensuring practicality and efficiency in managing the developed irrigation prototype.

INTRODUÇÃO

O setor agrícola, representado pela agricultura, exerce uma demanda substancial sobre os recursos hídricos globais, sendo a principal consumidora de água doce em todo o mundo [1]. Com o contínuo crescimento populacional, previsto para 9 bilhões de pessoas em 2050 [2], essa demanda tende a crescer proporcionalmente, visando assegurar uma produção com vistas a garantir a segurança alimentar. Ao mesmo tempo, este grande consumo de água também está intrinsecamente ligado às projeções de aumento da temperatura global, um fenômeno que se espera estar acompanhado de eventos climáticos extremos, incluindo longos períodos de seca [2]. Esse conjunto de fatores provoca preocupações significativas sobre a disponibilidade e a qualidade da água potável disponível.

Nesse contexto, a agricultura enfrenta desafios significativos, especialmente relacionados à disponibilidade de água doce. A irrigação, fundamental para a produção agrícola, consome a maior parte da água doce disponível para uso no planeta [5]. Além disso, aproximadamente 40% da água usada para irrigação nos países em desenvolvimento é desperdiçada, sendo que fatores como mudança climática e crescimento populacional agravam a escassez de água em muitas regiões do mundo – o que será agravado ainda mais com as perspectivas de mudanças na temperatura mundial [6] [7]. Para enfrentar essa questão, é fundamental que a agricultura adote novos métodos de manejo das culturas, visando aumentar a produção, reduzir as perdas e garantir produtos alimentares em quantidade adequada, no momento certo e a preços acessíveis [2].

Um grande desafio a ser superado no contexto da irrigação agrícola é a prática de irrigação excessiva. Essa prática comum, motivada muitas vezes pelo receio de perdas na safra, resulta em desperdício de recursos hídricos e energia elétrica, sem garantir um aumento significativo no rendimento das culturas [4]. Diante desse cenário, surge a necessidade de adotar técnicas de agricultura de precisão, que visam otimizar o manejo agrícola e reduzir o uso inadequado de recursos hídricos.

A Agricultura de Precisão, por meio do emprego de sistemas embarcados, oferece soluções promissoras: o uso de sensores e sistemas de monitoramento em tempo real permite ajustes precisos em parâmetros na irrigação, podendo reduzir o desperdício de água e manter a umidade do solo em níveis adequados, contribuindo para uma agricultura mais eficiente e sustentável, pois culturas subirrigadas ou superirrigadas apresentam rendimentos de safras menores, trazendo consequências negativas sobre a agricultura e desperdício de água [8] [9].

Dante da necessidade de manejo contínuo na irrigação de precisão, com vistas a evitar desperdícios, este trabalho propõe um protótipo de sistema de irrigação, que realiza o monitoramento da umidade do solo e da temperatura do ar como parâmetros para definir os momentos adequados para a irrigação. O sistema poderá ser usado tanto em projetos de grande escala, em grandes fazendas, quanto na agricultura familiar, de menor escala, assim como em projetos *indoor*, nos quais os próprios indivíduos decidam começar a produzir seus produtos orgânicos.

Espera-se que o desenvolvimento deste protótipo seja o passo inicial na confecção de um sistema automatizado, em escala real, de maneira a contribuir para a economia de água na agricultura e ofereça condições de um bom desenvolvimento de cultivares, incentivando tanto o seu uso na agricultura de grande escala quanto o uso pessoal, auxiliando a produção dos seus próprios produtos de consumo dentro de suas casas, como hortas, por exemplo.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Desenvolver um protótipo de irrigação de automatizada implementado no microcontrolador embarcado ESP32, baseado na medição dos parâmetros de umidade do solo e temperatura ambiente através de sensores, com vistas a automatizar a irrigação para economia de água e desenvolvimento adequado do cultivar.

Objetivos Específicos

- Conduzir uma revisão bibliográfica sobre irrigação automatizada utilizando microcontroladores e técnicas de irrigação de precisão.
- Planejar e desenvolver o sistema, abrangendo tanto o hardware quanto o software necessários para a implementação da irrigação de precisão.
- Testar o protótipo desenvolvido via experimentos *indoor*.

METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizada a seleção dos sensores de temperatura ambiente e umidade do solo mais apropriados para o protótipo. Foram considerados critérios como precisão, faixa de medição e compatibilidade com o microcontrolador ESP32. Testes iniciais *indoor* foram conduzidos para verificar o desempenho dos sensores em condições controladas e garantir a confiabilidade dos dados coletados.

O próximo passo consistiu no desenvolvimento do sistema embarcado, utilizando o microcontrolador ESP32. Foram implementados os circuitos necessários para a integração dos sensores e da bomba d'água, além da programação do microcontrolador para coletar dados dos sensores e controlar a bomba com base nos parâmetros de temperatura e umidade do solo.

Após a construção do hardware, foi desenvolvido um algoritmo de controle para gerenciar a ativação da bomba d'água. Este algoritmo está baseado em regras predefinidas, considerando os valores de temperatura e umidade do solo. O objetivo é garantir a irrigação eficiente e automática das plantas, mantendo condições ideais para o crescimento.

Com o sistema embarcado e o algoritmo de controle prontos, foi configurada a plataforma de desenvolvimento Blynk para o monitoramento remoto via web e *mobile*. A integração com o ESP32 permitiu que os dados coletados pelos sensores fossem enviados para a plataforma Blynk, onde os usuários poderão visualizar e monitorar as condições de temperatura e umidade em tempo real, além de controlar manualmente a bomba d'água.

Com o sistema completo, o protótipo foi montado e submetido a uma bateria de testes *indoor* que simularam condições reais. Foram realizadas medições periódicas para monitorar o desempenho do sistema e ajustar os parâmetros do algoritmo conforme necessário. Esta etapa permitiu a identificação de possíveis melhorias e a validação do funcionamento do protótipo.

Os dados coletados durante os testes foram analisados para avaliar a eficácia do sistema.

TRABALHOS RELACIONADOS

Uso de Sistema de Controle Fuzzy e Internet das Coisas para a Irrigação na Agricultura de Precisão

Souza, em seu estudo, propôs um modelo de Irrigação de Precisão para a cultura do pimentão, que utilizava a previsão de chuva como complemento ao processo de irrigação. Ele empregou um sistema de inferência baseado em controle fuzzy para mensurar o volume de irrigação, utilizando dados climáticos adquiridos por dispositivos de Internet das Coisas (IoT) instalados no campo de cultivo. Resultados de simulações e experimentos reais indicaram uma redução média de 16% no volume de irrigação, demonstrando uma boa resposta do modelo ao objetivo proposto [4].

Sistema de irrigação para cultura de alface crespa baseado em lógica fuzzy

O estudo de Garcia et al. apresentou o desenvolvimento teórico e experimental de um controlador fuzzy para a irrigação, utilizando sensores de umidade do solo, com o objetivo de aprimorar o controle do uso da água para a alface crespa e avaliou a qualidade da produção com e sem o uso desse controlador. Ele conduziu um experimento comparativo entre dois métodos de irrigação por gotejamento: irrigação automática por meio de um controlador fuzzy e irrigação manual por reposição da evapotranspiração. Os resultados analisaram cinco características da alface, indicando que o controlador fuzzy produziu alfaces estatisticamente equivalentes às irrigadas manualmente, porém com uma economia de 11% no uso da água [10].

DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento deste projeto foi estruturado em etapas, abrangendo desde a seleção dos sensores de temperatura e umidade até a construção do hardware e a implementação do sistema de monitoramento remoto via Blynk. A seguir, serão detalhados cada um desses passos, começando pela seleção dos sensores.

Seleção de Sensores

A seleção dos sensores e componentes utilizados no protótipo foi realizada com base na necessidade de precisão, confiabilidade e compatibilidade com o microcontrolador ESP32.

Além dos sensores, foram selecionados outros componentes essenciais para o funcionamento do protótipo. Um módulo relé foi utilizado para controlar o acionamento da bomba d'água.

A bomba d'água escolhida foi um modelo de 3V a 6V, que é compatível com o módulo relé e capaz de fornecer a pressão necessária para a irrigação nos testes *indoor*. A combinação desses sensores e componentes garantiu a construção de um sistema embarcado necessário para o protótipo do controle automatizado da irrigação.

Diagrama esquemático e supervisório do protótipo

A construção do hardware do protótipo envolveu a integração de diversos componentes essenciais para a construção do protótipo. O microcontrolador ESP32 foi escolhido como a unidade central do sistema devido à sua capacidade de processamento e conectividade. Para a medição da umidade do solo, utilizou-se o sensor higrômetro FC-28, conectado à porta 34 do ESP32. O sensor DHT11 foi empregado para monitorar a temperatura ambiente, ligado à porta 2 do ESP32.

A ativação da bomba d'água foi controlada por meio de um módulo relé, conectado à porta 4 do ESP32. Este relé permitiu que o microcontrolador ligasse e desligasse a bomba conforme os parâmetros de umidade e temperatura lidos ou pelo acionamento direto via botão na interface do supervisório desenvolvido no Blynk. Para fornecer a alimentação necessária aos componentes, foram utilizados módulos de fonte de alimentação de 5V e 3,3V, respectivamente, garantindo que todos os dispositivos, incluindo o ESP32, operassem dentro de suas especificações de tensão e corrente.

O diagrama esquemático do sistema, ilustrado na Figura 1, detalha a disposição e conexões dos componentes no protótipo. Este diagrama foi fundamental para guiar a correta montagem do hardware do protótipo.

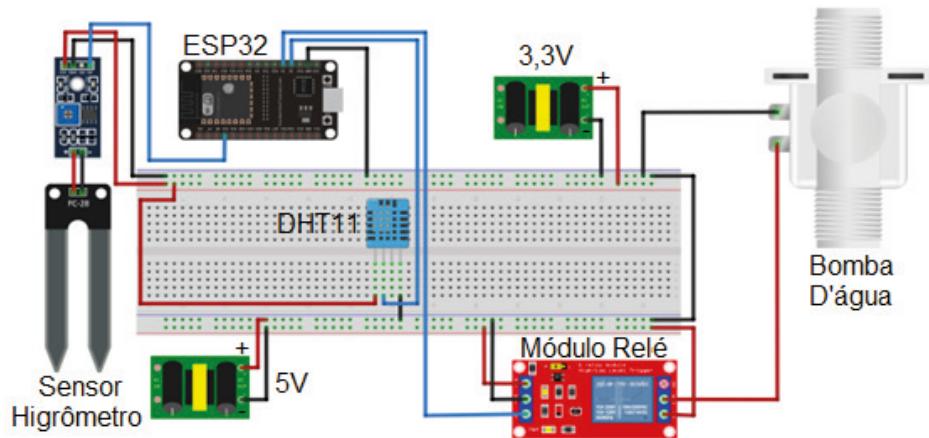


Figura 1. Diagrama Esquemático do protótipo.

A Figura 2 mostra o protótipo montado em laboratório. Nela, é possível ver, além do ESP32, das fontes de alimentação e dos sensores apresentados na Figura 1, três recipientes. O recipiente maior (de alumínio) contém a bomba d'água que, ao ser acionada, transfere a água deste recipiente para o copo descartável, simulando o processo de bombeamento d'água ocorrido durante a irrigação. O terceiro recipiente contém o sensor higrômetro, envolvido em um papel toalha embebido em água, para simular as condições de umidade do solo, as quais propiciaram o acionamento ou desacionamento automático da bomba.

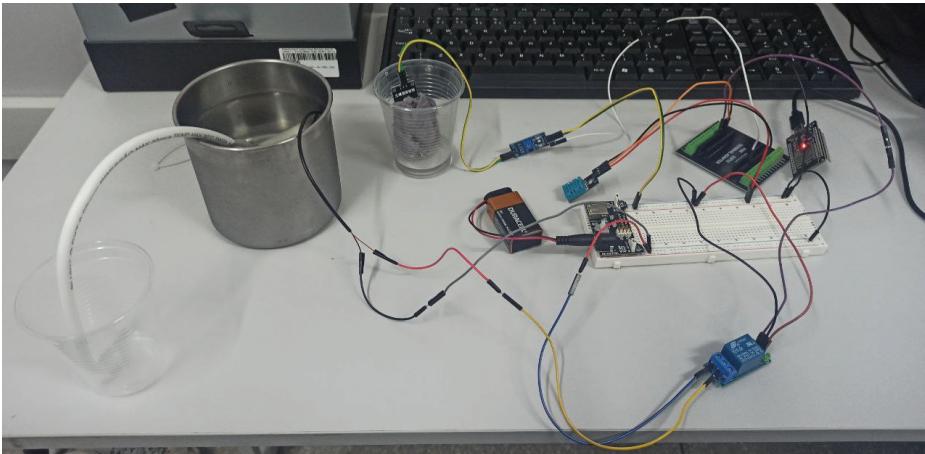


Figura 2. Protótipo montado em laboratório.

Blynk

A integração com a plataforma Blynk foi fundamental para permitir o monitoramento remoto e o controle do sistema de irrigação. Utilizando o Blynk, foi possível criar uma interface amigável, tanto para ser utilizada via WEB, quanto para dispositivos móveis, facilitando o acesso aos dados dos sensores e o controle da bomba d'água.

A conexão entre o ESP32 e o Blynk foi estabelecida através de um token de autenticação, que é gerado pela plataforma Blynk quando um novo projeto é criado. Este token único é utilizado no código do ESP32 para autenticar e estabelecer a comunicação, via Internet, com os servidores do Blynk.

No Blynk, foram configurados pinos virtuais para a leitura dos dados dos sensores de temperatura (DHT11) e de umidade (higrômetro) e para o controle autônomo da bomba d'água pelo usuário. Os pinos virtuais são abstrações que permitem a transferência de dados entre o hardware e a interface do Blynk. Por exemplo, o valor de temperatura lido pelo sensor DHT11 é enviado para um pino virtual específico, que é então exibido na interface do Blynk. Da mesma forma, a umidade do solo medida pelo sensor higrômetro FC-28 é associada a outro pino virtual. Dependendo dos valores de temperatura e umidade, a bomba d'água é acionada. Esta configuração permite que a bomba d'água seja ligada e desligada remotamente, proporcionando uma forma prática e eficiente de gerenciar a irrigação.

A utilização do Blynk simplificou a implementação do monitoramento remoto e do controle do sistema, garantindo uma solução de fácil utilização para este momento de prototipagem.

A Figura 3 apresenta a tela do supervisório desenvolvido para o monitoramento do protótipo.

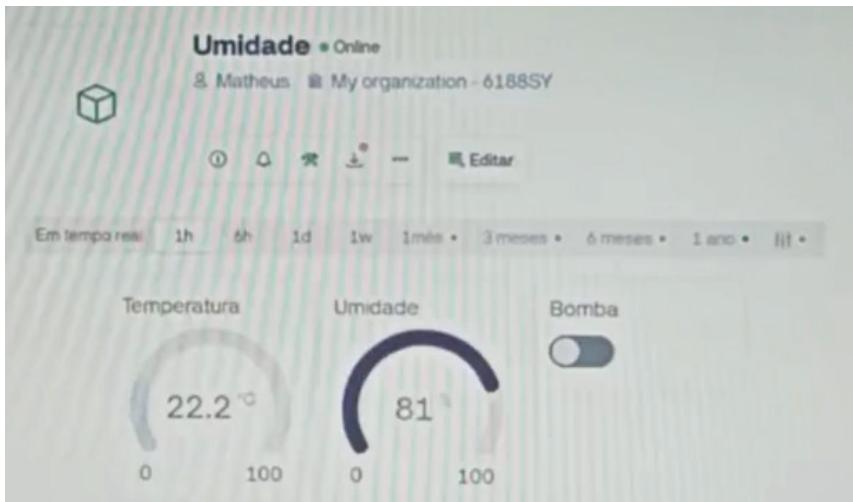


Figura 3. Tela do supervisório desenvolvida no Blynk.

RESULTADOS

Os resultados obtidos demonstraram que os objetivos do projeto foram atingidos. O protótipo foi capaz de monitorar, de maneira adequada, a temperatura ambiente e a umidade do solo, utilizando os sensores DHT11 e FC-28, respectivamente. A ativação da bomba d'água através do módulo relé foi realizada de forma eficiente via integração com a plataforma Blynk, que permitiu o monitoramento remoto em tempo real por meio da web e mobile, garantindo praticidade e eficiência no gerenciamento da irrigação.

CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o desenvolvimento do protótipo de um sistema automatizado de irrigação, utilizando sensores de temperatura ambiente e umidade do solo, e integrado à plataforma Blynk para monitoramento remoto.

A implementação do microcontrolador ESP32, juntamente com o sensor de umidade FC-28 e o sensor de temperatura DHT11, permitiu a coleta dos dados ambientais necessários para a tomada de decisões sobre a irrigação. O fornecimento automatizado da água se deu através do uso de um módulo relé para o controle da bomba d'água. A integração com a plataforma Blynk proporcionou uma interface amigável para o monitoramento e controle remoto do sistema, facilitando o acesso e a gestão das condições de irrigação via dispositivos móveis e web.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho gostariam de agradecer ao suporte oferecido pela equipe integrante do laboratório LUMEN (Laboratório de Sistemas Embarcados e de Tempo Real), à qual forneceu o material necessário para a construção deste protótipo.

REFERÊNCIAS

- [1] GARCIA, A. F. C., Vaz, M. S. M. G., and Falate, R. (2022). Sistema de irrigação para culturas de alface cresa baseado em lógica fuzzy. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, 14(4).
- [2] IPCC (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribuição dos Grupos de Trabalho I, II e III para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. IPCC, Genebra.
- [3] LORD, S. (2001). A ética do uso da água doce: um levantamento.
- [4] SOUZA, G. (2021). Uso de sistema de controle fuzzy e internet das coisas para irrigação na agricultura de precisão.
- [5] GOAP, A. et al. An IoT based smart irrigation management system using Machine learning and open source technologies. *Computers and Electronics in Agriculture*, Elsevier, v. 155, Outubro, p. 41–49, 2018. ISSN 01681699. DOI: 10.1016/j.compag.2018.09.040.
- [6] PANCHARD, J. et al. Common Sense Net: A Wireless Sensor Network for Resource-Poor Agriculture in the Semi-arid Areas of Developing Countries. *Information Technologies and International Development*, v. 4, p. 51–67, 2007.
- [7] GONZÁLEZ PEREA, R. et al. Optimization of water demand forecasting by artificial intelligence with short data sets. *Biosystems Engineering*, v. 177, p. 59–66, 2019. ISSN 15375110. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2018.03.011.
- [8] ANTON, C.; MATEI, O.; AVRAM, A. Use of multiple data sources in collaborative data mining. In: INTELLIGENT Systems Applications in Software Engineering. 3a. [S. l.]: Springer International Publishing, 2019. cap. xviii, p. 502.
- [9] CHARLES, A. C.; NAMEN, A. A.; RODRIGUES, P. P. G. W. Comparison of data mining models applied to a surface meteorological station. *Rbrh*, v. 22, n. 0, 2017. DOI: 10.1590/2318-0331.0217170029.