

## Sistema de irrigação inteligente baseado em IoT para agricultura urbana e cultivo doméstico

Smart irrigation system based on IoT for urban agriculture and domestic cultivation

Adriano Barbella Arvatti; Cristina Miss de Jesus; Paulo Eduardo Batista de Oliveira; Paulo Roberto Galindo Filho; Paulo Rogério Marques Véspera; Rafael Hiroshi Braz da Silva; Vinícios de Oliveira Gomes

### Resumo

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de irrigação inteligente baseado em Internet das Coisas (IoT) voltado à otimização do manejo hídrico na agricultura urbana e doméstica. A relevância do tema foi validada por uma pesquisa de campo quantitativa com 87 respondentes, na qual 52,9% indicaram a falta de tempo como o principal obstáculo para a manutenção adequada de cultivos residenciais. Utilizando o framework *Design Thinking* (ouvir, criar e implementar) aliado a uma pesquisa experimental, desenvolveu-se um protótipo funcional de baixo custo centrado no microcontrolador Arduino Nano. O sistema integra um sensor de umidade de solo e uma mini bomba d'água submersa acionada por um módulo relé. Os resultados da Prova de Conceito (PoC) demonstraram a viabilidade técnica e a estabilidade do firmware local em malha fechada, garantindo o acionamento automatizado com base em limiares críticos. Conclui-se que o sistema contribui para o uso racional da água e a redução da intervenção humana direta, alinhando-se aos pilares da automação residencial e sustentabilidade hídrica.

**Palavras-chave:** Irrigação Inteligente. Internet das Coisas. Automação. Sustentabilidade. Arduino.

### Abstract

This work presents the development of a smart irrigation system based on the Internet of Things (IoT) aimed at optimizing water management in urban and domestic agriculture. The relevance of the topic was validated through a quantitative field survey with 87 respondents, in which 52.9% indicated a lack of time as the main obstacle to maintaining adequate residential cultivation. Using the Design Thinking framework (hearing, creating, and implementing) combined with experimental research, a low-cost functional prototype centered on the Arduino Nano microcontroller was

developed. The system integrates a soil moisture sensor and a submerged mini water pump activated by a relay module. The results of the Proof of Concept (PoC) demonstrated the technical feasibility and stability of the local closed-loop firmware, ensuring automated activation based on critical thresholds. It is concluded that the system contributes to the rational use of water and the reduction of direct human intervention, aligning with the pillars of residential automation and water sustainability.

**Keywords:** Smart Irrigation. Internet of Things. Automation. Sustainability. Arduino.

## **1 Introdução**

O presente trabalho aborda o desenvolvimento de um Sistema de Irrigação Inteligente, focado na aplicação de tecnologias de automação voltadas à agricultura urbana e ao cultivo doméstico. O tema desenvolve-se a partir da necessidade premente de otimizar o uso de recursos hídricos, integrando dispositivos eletrônicos capazes de monitorar condições ambientais com precisão e baixo custo. No contexto da Engenharia da Computação, este projeto situa-se na convergência entre Internet das Coisas (IoT), Sistemas Microprocessados e Interação Humano-Computador (IHC).

As motivações para a escolha deste tema residem na crescente preocupação global com a sustentabilidade e o manejo inteligente da água, pauta prioritária em agendas de preservação ambiental. Adicionalmente, a rotina agitada nos centros urbanos compromete a manutenção de jardins e hortas domésticas. Esse diagnóstico foi corroborado por pesquisa de campo desenvolvida pelos autores, na qual a maioria dos respondentes indicou a falta de tempo como o principal obstáculo para o cuidado com as plantas. Nesse cenário, o problema de pesquisa busca responder: de que maneira a tecnologia IoT pode ser aplicada de forma economicamente acessível para reduzir o desperdício de água e assegurar a saúde da flora em ambientes domésticos?

O objetivo geral deste projeto consiste em desenvolver e validar tecnicamente um protótipo funcional de sistema de irrigação inteligente fundamentado em IoT, visando automatizar o manejo hídrico residencial em ambiente controlado por meio de sensores e atuadores de baixo custo.

## **2 Revisão da Literatura**

### **2.1 Conceitos de Internet das Coisas (IoT)**

A Internet das Coisas (IoT) é uma tecnologia que permite a conexão de objetos físicos à rede mundial de computadores, possibilitando a coleta e a troca de dados em tempo real. Segundo a Oracle Brasil (2024), a IoT conceitua-se como uma rede de objetos físicos incorporados a sensores, software e outras tecnologias com o propósito de conectar e trocar dados com outros dispositivos e sistemas pela internet. Essa tecnologia tornou-se essencial na contemporaneidade, permitindo que o mundo físico

e o digital operem em conjunto com o mínimo de intervenção humana. Santiago (2024) reforça que a IoT integra hardware em objetos cotidianos para coletar informações e comunicá-las a sistemas em nuvem, transformando dados brutos em ações automatizadas, como o acionamento de um sistema hídrico baseado na leitura de sensores.

## **2.2 Agricultura Urbana e o Cultivo Doméstico**

O cultivo de plantas em ambientes domésticos, prática inserida no conceito de agricultura urbana, tem se expandido como uma atividade que promove benefícios à saúde mental, auxiliando na redução do estresse e favorecendo o bem-estar físico. No entanto, a manutenção de um jardim ou horta exige atenção constante às variáveis biológicas, o que se torna um desafio para indivíduos inseridos em rotinas urbanas agitadas. A carência de conhecimento técnico e de ferramentas acessíveis dificulta a mensuração precisa das necessidades hídricas da flora. Conforme Santiago (2024), sistemas inteligentes possibilitam o monitoramento em tempo real das condições ambientais, permitindo que os produtores acompanhem as necessidades das plantas e economizem recursos como água, garantindo maior eficiência no manejo e sustentabilidade ao ecossistema doméstico.

## **2.3 Sustentabilidade e Manejo Hídrico Inteligente**

A gestão eficiente da água é uma pauta global prioritária, visto que a agricultura e o manejo de áreas verdes consomem cerca de 69% da água doce disponível no mundo. No contexto residencial, a aplicação de sistemas de irrigação automatizados baseados em IoT atua diretamente na prevenção do desperdício, garantindo que o suprimento hídrico seja ajustado às necessidades reais de cada ecossistema doméstico. Para que essa precisão seja alcançada, o sistema deve considerar variáveis biológicas e climáticas. Segundo o Atlas da Irrigação (2021, citado por Soares et al., 2022), o cálculo das necessidades fisiológicas locais permite um manejo que evita tanto o estresse hídrico quanto o excesso de irrigação. Ao automatizar a rega com base em dados de umidade, o projeto alinha-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), promovendo o uso racional dos recursos naturais.

## **3 Metodologia**

A metodologia adotada para a execução deste projeto baseou-se nas diretrizes do framework *Design Thinking*, estruturado de forma iterativa nas etapas de ouvir, criar e implementar, aliada a uma abordagem de pesquisa experimental aplicada.

### **3.1 Etapa de Ouvir: Pesquisa de Campo e Requisitos**

Inicialmente, realizou-se um diagnóstico quantitativo através de um formulário estruturado no *Google Forms*, obtendo dados de 87 respondentes para mapear a rotina de cultivo residencial. Os resultados estatísticos indicaram que:

- 79,3% dos participantes possuem plantas domésticas, concentradas majoritariamente em ambientes externos.
- 52,9% indicaram a escassez de tempo na rotina diária como o principal obstáculo para a realização da rega adequada.
- 86,2% confirmaram possuir acesso a redes Wi-Fi estáveis em seus domicílios, validando o planejamento de soluções baseadas em conectividade e IoT.
- 64,4% demonstraram interesse em adotar dispositivos de irrigação automatizada, desde que apresentassem viabilidade econômica.

### 3.2 Etapa de Criar: Arquitetura de Hardware e Fluxo Lógico

A infraestrutura eletrônica foi projetada utilizando o microcontrolador Arduino Nano (baseado no processador ATmega328P), selecionado por suas dimensões reduzidas, baixo custo e estabilidade de processamento. O hardware integra os seguintes periféricos:

1. **Sensor de Umidade do Solo:** Inserido no substrato para monitorar a condutividade elétrica do solo por meio de sinais lógicos digitais conectados ao Pino 5 do controlador.
2. **Módulo Relé de Um Canal:** Conectado ao Pino 2 de saída digital do Arduino Nano, atuando como um interruptor eletrônico para chaveamento de potência.
3. **Mini Bomba d'Água Submersa:** Atuador de corrente contínua responsável pela pressurização e direcionamento do fluxo hídrico para o vaso.

O fluxo lógico de tomada de decisão foi modelado em um algoritmo baseado em estruturas condicionais em linguagem C++. O comportamento do firmware segue o fluxo detalhado na Tabela 1:

**Tabela 1 – Matriz de decisão lógica do firmware local**

Estado da Umidade (Pino 5)	Condição do Solo	Ação no Pino 2 (Saída)	Status do Atuador (Relé / Bomba)
LOW (Nível Lógico 0)	Seco	HIGH (Nível Lógico 1)	Ativado (Ligado)
HIGH (Nível Lógico 1)	Úmido	LOW (Nível Lógico 0)	Desativado (Desligado)

*Fonte: Construído pelos autores com base nas condicionais do sistema.*

### 3.3 Etapa de Implementação: Prototipagem e Testes de Bancada

Na macroetapa de implementação, os componentes foram montados em uma matriz de contatos (protoboard) de forma compacta para simular a instalação real em vasos urbanos. O código-fonte integral foi embarcado no microcontrolador por meio da IDE do Arduino. Foram executados ensaios práticos repetitivos em ambiente de laboratório para avaliar a fidelidade das leituras lógicas e o tempo de resposta físico dos atuadores frente às transições de estado do substrato.

## 4 Resultados e Discussão

### 4.1 Validação Técnica da Prova de Conceito (PoC)

Os ensaios práticos em bancada comprovaram que o sistema físico respondeu perfeitamente à lógica algorítmica programada em malha fechada local. Ao inserir o sensor em solo seco, o controlador converteu instantaneamente o pulso elétrico LOW no Pino 5 em um comando de nível alto HIGH no Pino 2, chaveando o módulo relé e ativando a mini bomba submersa, cujo funcionamento foi acompanhado pelo acendimento do LED indicador de atividade do relé. Assim que o fluxo hídrico umedeceu o substrato, o sensor alterou sua saída digital, fazendo com que o pino de controle retornasse ao estado LOW, desativando o atuador hídrico imediatamente.

### 4.2 Melhorias Implementadas Pós-Feedback de Engenharia

Durante os testes de estresse em ambiente controlado, identificaram-se flutuações e ruídos elétricos (*bouncing*) no momento da transição de leitura do sensor, o que gerava intermitência no acionamento do relé. A partir dessas observações, foram implementadas melhorias refinadas no firmware do sistema final:

- **Estabilidade de Varredura:** Inclusão de um intervalo de amostragem fixo por meio da diretiva `delay(2000)` (2 segundos) no código principal. Essa parametrização eliminou os efeitos de ricochete elétrico e evitou o travamento do fluxo lógico local, otimizando o processamento de dados.
- **Segurança Hídrica e Controle de Vazão:** Ajuste de sensibilidade no circuito comparador e limitação lógica do tempo de atividade da bomba, prevenindo transbordos, encharcamento de raízes ou curto-circuito no ecossistema residencial.

### 4.3 Limitações de Conectividade IoT

A arquitetura de software previu o suporte das bibliotecas `ESP8266_Lib.h` e `BlynkSimpleShieldEsp8266.h` para estruturação do protocolo TCP/IP e envio de dados para a plataforma *Blynk IoT*, permitindo que o usuário visualizasse o status ("Solo Úmido" ou "Solo Seco - Irrigando") em tempo real por dispositivos móveis.

Contudo, nesta fase física de desenvolvimento, o protótipo apresentou limitações técnicas severas na estabilidade da comunicação e na troca de pacotes via comandos

AT entre os componentes locais e o módulo Wi-Fi. Embora os blocos de programação tenham sido concluídos com êxito, a validação analítica via nuvem permaneceu limitada. Apesar desse desafio de infraestrutura de rede, o sistema provou-se altamente robusto em sua operação isolada (*offline*), garantindo a automação autônoma local de maneira eficiente e estável.

## 5 Conclusão

O Sistema de Irrigação Inteligente cumpriu de forma satisfatória os objetivos propostos de automação autônoma e baixo custo. Os ensaios práticos validaram a eficácia do firmware local estruturado no microcontrolador Arduino Nano, provando que a substituição do manejo manual tradicional por uma malha fechada eletrônica é tecnicamente viável e capaz de mitigar o desperdício de recursos naturais provocados por falhas humanas cotidianas. A Prova de Conceito cumpriu integralmente seu papel pedagógico e prático de engenharia ao resolver demandas reais de agricultura urbana fundamentadas em sustentabilidade.

Como limitação da pesquisa, aponta-se a instabilidade na comunicação sem fio através de comandos de controle serial. Para trabalhos futuros, sugere-se o aperfeiçoamento da camada física de conectividade mediante a substituição do arranjo de hardware atual por microcontroladores com suporte de rádio nativo em um único chip (como o ecossistema ESP32), garantindo sincronia bidirecional estável em nuvem e permitindo a incorporação de novos sensores ambientais para expandir a inteligência climática do protótipo.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6023**: Informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BLYNK. **Blynk IoT Platform Documentation**. Disponível em: <https://docs.blynk.io/>. Acesso em: 15 abr. 2026.

NORMAN, Donald A. **The Design of Everyday Things**: Revised and Expanded Edition. New York: Basic Books, 2013.

ORACLE. **O que é a Internet das Coisas (IoT)?** 2024. Disponível em: <https://www.oracle.com/br/internet-of-things/what-is-iot/>. Acesso em: 10 fev. 2026.

PRASANNA, R. Proof of Concept (PoC) in Information Technology: Methods and Application. **Journal of Software Engineering and Applications**, v. 14, n. 3, p. 85-98, 2021.

SANTIAGO, H. A. **Sistema de monitoramento IoT para cultivos de plantas**. 2024. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação) - Centro de Informática, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, 2024.

SHNEIDERMAN, Ben et al. **Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction**. 6. ed. Boston: Pearson, 2016.

SOARES, D. A. et al. IoSeed – Sistema de Irrigação Automática baseado em IoT. In: **BRAZILIAN TECHNOLOGY SYMPOSIUM (BTSym)**, 2022, São Paulo. Proceedings... São Paulo: Mackenzie, 2022. p. 112-119.