

# **SISTEMA DE AUTOMAÇÃO MICROCONTROLADO: CONTROLE DE IRRIGAÇÃO CONTROLADO POR ARDUINO NO CULTIVO DE HORTALIÇAS**

Eduarda Ferreira de Souza, [eduardasouza.eng@gmail.com](mailto:eduardasouza.eng@gmail.com)

Thiago Antônio Sidônio Coqueiro, [tcoqueiro@ufpa.br](mailto:tcoqueiro@ufpa.br)

Faculdade de Computação – UFPA campus Castanhal – Pa - Brasil

## **Resumo**

A automação proporcionada pelos microcontroladores revoluciona práticas agrícolas, como o controle de irrigação. Permitindo fazer o sensoriamento de um ambiente, por meio da coleta de fatores de temperatura e umidade. Isto é, essa capacidade, aliada à tomada de decisões instantâneas por meio de atuadores, destacam as vantagens desses sistemas, desde a eficiência energética na irrigação até a redução do desperdício de recursos hídricos, contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis e tecnologicamente avançadas. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é desenvolver um protótipo de um sistema de irrigação com automação baseada em microcontrolador Arduino no cultivo de hortaliças. O presente trabalho desenvolveu o protótipo, bem como testes de funcionalidade na coleta de dados de temperatura e umidade.

**Palavras-chave:** Controle hídrico, automação agrícola, microcontrolador Arduino, eficiência energética

## **Abstract**

The automation provided by microcontrollers revolutionizes agricultural practices, such as irrigation control. Allowing the sensing of an environment, through the collection of temperature and humidity factors. That is, this capacity, combined with instant decision-making through actuators, highlights the advantages of these systems, from energy efficiency in irrigation to the reduction of waste of water resources, contributing to more sustainable and technologically advanced agricultural practices. In this sense, the objective of this work is to develop a prototype of an irrigation system with automation based on an Arduino microcontroller for vegetable cultivation. The present work developed the prototype, as well as functionality tests in collecting temperature and humidity data.

**Key words:** Water Control, Agricultural automation, Arduino Microcontroller, Energy Efficiency

## **1. Introdução**

A necessidade atual, com secas e produções sendo perdidas a agricultura irrigada representa 17% da agricultura e produz aproximadamente 40% da produção de alimento do mundo. A tecnologia tem sido fundamental na otimização de tarefas no setor agrícola, pois impulsiona a eficiência e a sustentabilidade na agricultura (EMBRAPA, 2020).

Dos 75,9 milhões de hectares plantados no País (excluindo pastagem), apenas 6 milhões são irrigados – cerca de 8% da área total plantada (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2013). A verificação e adaptação da temperatura, umidade do solo e irrigação dependendo da espécie das plantas promove o desenvolvimento de qualidade das plantas.

O consumo de recursos hídricos no Brasil para irrigação em 2022 correspondeu a 65,5% do total analisado até o momento, sendo 10% para agropecuária, 10% para indústria e 8,6% para abastecimento urbano. Esses dados são atualizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNRH). A otimização de sistemas de irrigações também promove a economia de água.

Sistemas automatizados para irrigação podem ser projetados em diferentes tamanhos atendendo pequenas ou grandes plantações. O desenvolvimento de sistemas de irrigação não é complexo, por isso alcançam bons resultados, e podem ser adaptados de acordo com o tamanho e a espécie da horta (STRAUB, 2019).

Nesse sentido, a utilização do Arduino na automação agrícola tem se destacado como uma solução de baixo custo e altamente eficiente, resultando em inovação e otimização de atividades agrícolas. A versatilidade do Arduino Uno, por exemplo, permite a criação de sistemas de monitoramento e controle, juntamente sensores de umidade do solo, temperatura e outros dispositivos essenciais para uma produção de qualidade (REIS, 2015).

O objetivo deste trabalho foi de desenvolver um protótipo de um sistema de irrigação baseado na automação por microcontrolador Arduino no cultivo de hortaliças. Onde os objetivos específicos alcançados foram: a implementação de um protótipo controlado por Arduino; sensoriamento por meio do sensor de umidade do solo; o controle da entrada e saída de água por meio de uma mini bomba submersível, para melhor eficiência energética e desperdício hídrico; e avaliação do protótipo por meio de teste de funcionalidade dos sensores e atuadores no sistema.

Este artigo foi estruturado da seguinte forma: A seção 2 descreve sobre o referencial teórico; a seção 3 aborda trabalhos relacionados a sistemas de irrigação automatizados; a seção 4 apresenta a metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto; a 5 seção demonstra os

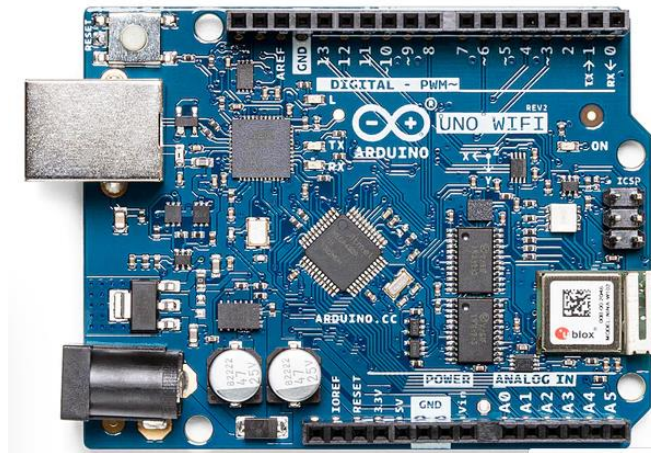
resultados adquiridos nos testes realizados e a última seção expõe as considerações finais e os trabalhos futuros.

## 2. Referencial teórico

Esta seção irá descrever sobre as características do microcontrolador Arduino utilizado e a justificativa para o desenvolvimento do sistema de irrigação.

### 2.1. Microcontrolador Arduino

Figura 1 – Placa Arduino



Fonte: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-wifi>. 2023

Segundo McRoberts (2011), uma grande vantagem do Arduino é sua arquitetura de software e hardware livre possibilitando a sua livre utilização para diversas áreas. O Arduino é uma placa constituída de um microcontrolador que executa programas e avalia qualidade das entradas e saídas, ou seja, dos canais onde é possível realizar a comunicação entre mundo externo e digital.

O Arduino é o principal componente do sistema, ele atua recebendo os dados dos sensores e com base nos valores e seus critérios aciona a inicialização da irrigação. Ele explora o fornecimento de dados em tempo real, capacitando os agricultores a tomar decisões informadas sobre irrigação.

Principais vantagens para a sua utilização:

- Baixo custo para montagem
- Linguagem de programação simples
- Fácil execução
- Flexibilidade

## **2.2. Vantagens de um Sistema de Irrigação por Arduino**

A variabilidade do clima e do solo brasileiro são alguns dos fatores que influenciam a produtividade de hortaliças no Brasil (GUEDES, 2015). Assim a criação de um sistema de irrigação com Arduino que realiza a leitura dos parâmetros de temperatura e umidade do solo oferece diversas vantagens, como eficiência na irrigação, funcionamento autônomo, redução de custos, melhorias na qualidade da colheita, sustentabilidade ambiental, e adaptabilidade.

### **a) Eficiência na Irrigação:**

A agricultura depende da disponibilidade de recursos hídricos e no Brasil 72% do volume total de água é utilizado para irrigação (RAGASSI, 2018). Assim, a leitura em tempo real dos parâmetros de temperatura e umidade do solo permite que o sistema ajuste a irrigação com precisão, fornecendo a quantidade certa de água necessária para as plantas de forma eficiente e reduzindo o desperdício de água.

### **b) Automação Inteligente:**

A automação proporcionada pelo Arduino permite que o sistema funcione de forma autônoma, tomando decisões instantâneas com base na leitura dos parâmetros da plantação. Assim os agricultores economizam tempo deixando de realizar tarefas manuais e melhora a eficiência das atividades operacionais.

### **c) Redução de Custos:**

Evitar o excesso de irrigação não apenas economiza água, mas também pode reduzir os custos associados ao bombeamento e tratamento de grandes volumes de água desnecessários.

### **d) Melhoria da Qualidade da Colheita:**

A escassez ou excesso de água no solo em fases cruciais do cultivo são os fatores mais limitantes para a produtividade e para um bom rendimento (SENAR, 2019). O monitoramento dos níveis adequados de umidade do solo, contribui para o desenvolvimento saudável das plantas, assim resultando em uma melhor qualidade da colheita e um rendimento mais alto.

### **e) Sustentabilidade Ambiental:**

Ao otimizar o uso da água e garantir condições ideais para o crescimento das plantas, o sistema contribui para práticas agrícolas mais sustentáveis e amigáveis ao meio ambiente.

### **f) Adaptabilidade:**

O sistema feito no Arduino é personalizável, permitindo adaptações conforme as necessidades específicas da plantação, tipos de hortaliças cultivadas e condições locais.

### **2.3. Cultivo de Hortaliças: Necessidades e características**

A produção de hortaliças é composta por alguns cuidados para alcançar um desenvolvimento de qualidade. Cada espécie necessita de uma quantidade ideal de água, temperatura e umidade do ar para determinar o sucesso da produção (PLOUCHMAN, 2007). Nesse tópico será orientado sobre alguns fatores importantes nas plantações.

#### **2.3.1. Parâmetros climáticos**

O processo de cultivo de hortaliças é composto por várias etapas que contribuem para o desenvolvimento das plantas. Cada etapa é influenciada pelas medidas de irrigação da água, a temperatura, a luminosidade, a umidade do ar e do solo que interferem diretamente no seu desenvolvimento (SILVA, 2005).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o clima é fundamental para o desenvolvimento de plantas, os fatores climáticos como temperatura, luminosidade e umidade do solo podem interferir de forma benéfica ou maléfica no desenvolvimento da planta, sendo assim, controlar esses fatores é de suma importância.

#### **2.3.2. Temperatura**

A temperatura é um fator diretamente relacionado ao desenvolvimento do plantio. Cada espécie de plantação tem uma temperatura ideal para garantir a germinação e crescimento de qualidade em um intervalo de tempo aceitável. Temperaturas elevadas causa a diminuição da umidade do solo. Além disso, interfere na formação da clorofila que determina se a produção será maior ou menor e também na coloração ser mais escura ou clara (JUNIOR, 2016).

A tabela 1 a seguir foi construída a partir de dados da Embrapa classificando faixas de temperaturas apropriadas para alguns tipos de hortaliças regularmente produzidas no Brasil.

Tabela 1 – Dados Hortaliças

Hortaliça	Temperatura
Acelga	15°C a 25°C°
Cebolinha	Até 25C°
Couve flor	15°C a 25C°
Pimentão	15°C a 25C°
Repolho	15°C a 25C°

Fonte: Catálogo Brasileiro de hortaliças, 2015.

#### **2.3.3. Irrigação**

A irrigação é um dos fatores que também influenciam o desenvolvimento saudável da plantação. Segundo pesquisadores da ESALQ/SP, que realizaram uma avaliação em uma usina

de cana de açúcar, constataram o aumento da produção na área onde o solo era irrigado assim como o aumento da longevidade do canavial.

Existe diferentes tipos de irrigação, nesse trabalho foi utilizada a irrigação localizada que faz a entrega da água direto nas raízes das plantas, minimizando as perdas por evaporação e escoamento superficial. Essa técnica é bastante utilizada em árvores frutíferas e hortaliças por ser mais precisa e eficiente no uso dos recursos hídricos. E também por ser adaptada aos tipos de solos e sua capacidade de retenção da água (SENAR,2019).

### **3. Trabalhos relacionados**

No trabalho de Giomo (2019) sobre redução de custos foi utilizado um microcontrolador Raspberry com sensores de umidade de solo para verificação de um plantio de alface em um sistema de gotejamento. O autor utilizou apenas características do plantio da alface para realizar a comunicação entre a válvula e os sensores para determinar a irrigação.

Spigolon (2021) realizou uma abordagem de sistema de irrigação em um plantio de grande proporção. Entre os componentes que foi usado para o desenvolvimento está o microcontrolador ESP32. E foi desenvolvido aplicativo para ligar e desligar a irrigação. Porém o sistema não utiliza os dados dos sensores como parâmetro de acionamento da irrigação.

Após a análise das funcionalidades dos trabalhos relacionados, é possível perceber que no projeto de Giomo não foi abordado o uso dos fatores de umidade do solo como parâmetro adaptável para qualquer espécie de cultivo para realizar o controle de irrigação. E no trabalho de Spigolon não utilizou sensores para realizar a leitura da umidade do solo. Assim o diferencial desse projeto é realizar o controle de irrigação através desses fatores e também ser flexível para qualquer espécie de hortaliças.

### **4. Metodologia**

A metodologia abordada neste trabalho buscou alcançar os objetivos necessários para desenvolver o sistema de irrigação controlado pelo Arduino baseado nos parâmetros físicos do solo.

Ele contém o sensor de umidade do solo que detecta o nível de umidade e, quando o sensor detecta um baixo nível de umidade, ele liga automaticamente a bomba de água com a ajuda do microcontrolador e irriga a planta. Depois de fornecer água suficiente, o solo retém a umidade, parando automaticamente a bomba. O sensor de umidade do solo foi testado diretamente na água para demonstrar seu funcionamento e a variação da umidade em um intervalo de tempo. E também foi feito o teste diretamente no solo seco.

A metodologia está organizada em materiais utilizados no sistema de controle de irrigação e suas características que levaram a sua escolha e seu funcionamento. Assim como o

desenvolvimento físico dos componentes e parte lógica do seu funcionamento na prática através dos testes que foram realizados.

Material utilizado:

- Arduino uno
- Sensor de Umidade de solo
- Mini bomba de água submersível para Arduino
- Relé
- Fonte de 9V
- Jumpers macho e fêmea
- Mangueira para aquário
- Led verde
- Led Vermelho

#### 4.1. Sensor de umidade do solo

Figura 2 – Sensor de umidade do solo

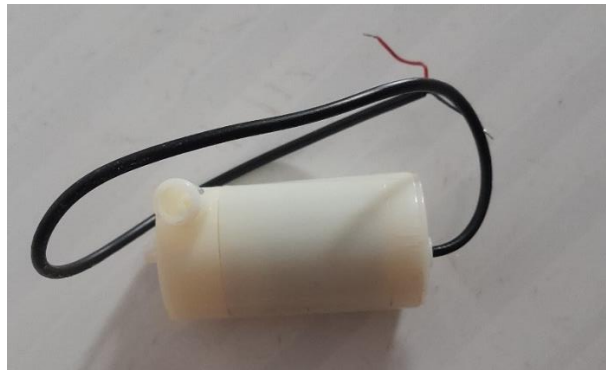


Fonte: Elaborado pela autora.

É capaz de medir a umidade do solo em determinado local, atuando em conjunto com placas microcontroladoras, entre elas: Arduino, PIC, AVR, ARM, etc. Dividido em duas partes, ele é composto por um sensor que através de duas sondas realiza a medição da umidade por meio da aferição da corrente entre as sondas, e por um circuito com trimpot, em que pode ser ajustada a sensibilidade. Muito aplicado em projetos eletrônicos e de automação residencial. Ele possui pinos de saída digital e analógico, mas nesse trabalho foi utilizado a analógica devido a faixa de valores de verificação ser mais preciso. Quando atingir determinado índice a placa pode acionar um equipamento para irrigação da área ou até mesmo pode emitir sinais sonoros ou luminosos. Nesse trabalho foi utilizado leds para indicar solo seco ou umido e o acionamento da bomba para irrigação.

## 4.2. Mini bomba submersível

Figura 4 - Mini Bomba



Fonte: Elaborado pela autora

A mini bomba submersível foi utilizada com uma mangueira para liberar a água no solo. Ela oferece um controle mais preciso do fluxo de água. É essencial para sistemas de controle de água para cada planta. São mais versáteis e adaptáveis a diferentes sistemas de irrigações e a locais onde se encontram as plantas. Assim como consomem menos energia para aplicações em menor escala e baixa manutenção

## 4.3. Módulo Relé

Figura 5 - Relé

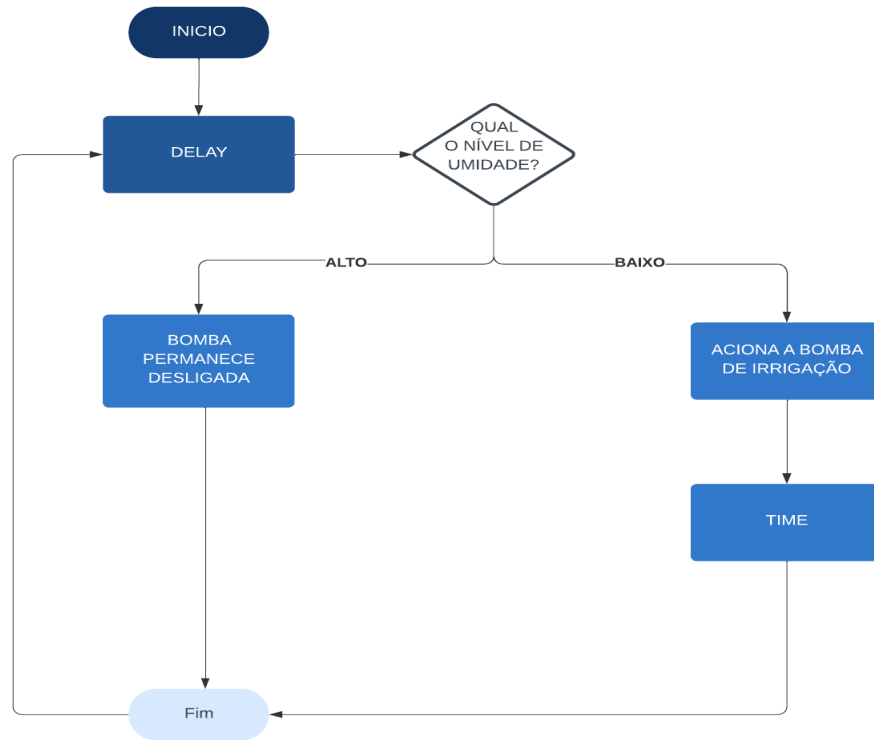


Fonte: Elaborado pela autora

Relé é um interruptor que pode ser controlado pelo Arduino. Foi utilizado um de 5V que possui um LED para indicar o estado de saída. A função dele no sistema de irrigação é controlar a bomba, quando acionado pelo microcontrolador o relé fecha o circuito elétrico da bomba e assim a ocorre a irrigação no solo de acordo com a condição de umidade.

O fluxograma a seguir contém as instruções que são realizadas no sistema:

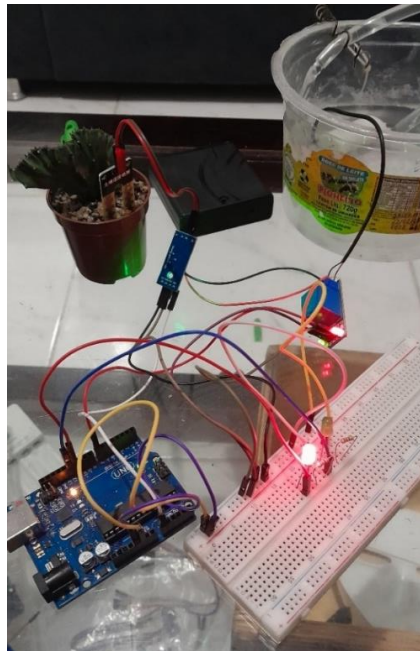
Figura 6 – Fluxograma do sistema de irrigação



Fonte: Elaborado pela autora

Abaixo apresenta-se o sistema e os seus componentes conectados funcionando:

Figura 7 – Sistema de irrigação com os componentes



Fonte: Elaborado pela autora

A seguir é exibido o código realizado na IDE do Arduino para o sistema de irrigação:

```
#define SENSOR_UMIDADE A0  
#define PINO_RELE 7
```

```

#define PINO_LED_VERMELHO 11
#define PINO_LED_VERDE 12
#define UMIDADE_MINIMA 500
#define INTERVALO_IRRIGACAO 300
#define LIMIAR_LED 450
// Funções
int lerUmidadeSolo();
void acionarBomba();
void desligarBomba();
void ligarLedVermelho();
void ligarLedVerde();
// Variável para controlar o estado da bomba
bool bombaLigada = false;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(PINO_RELE, OUTPUT);
  pinMode(PINO_LED_VERMELHO, OUTPUT);
  pinMode(PINO_LED_VERDE, OUTPUT);
  Serial.println("Iniciando o sistema...");
}
void loop() {
  // Leitura dos sensores
  int umidadeSolo = lerUmidadeSolo();
  Serial.print("Umidade do Solo: ");
  Serial.println(umidadeSolo);

```

Nessa primeira parte do código é realizada as definições dos pinos que serão utilizados para o sensor de umidade, do relé, dos leds e onde é inserido o valor da umidade que será a condição de acionamento da bomba. O sensor de umidade do solo foi usado no pino analógico do Arduino, assim retorna valores na faixa de 0 a 1023, onde 0 significa umidade máxima e 1023 representa a umidade mínima. Ou seja, quanto mais perto de zero mais úmido o solo estará. Para o projeto foi utilizado como condição de acionamento o valor 500 para testes, esse valor significa que ao ler a umidade e ela estiver acima de 500 nosso sistema irá acionar a irrigação por um intervalo de tempo até atingir o valor adequado para a umidade. Esse parâmetro varia de acordo com o plantio e pode ser alterado. Nesse caso foi utilizado esse valor por representar umidade abaixo de 50% que é o indicado para a maioria das hortaliças.

```

if (umidadeSolo < UMIDADE_MINIMA && !bombaLigada) {
  acionarBomba();
  bombaLigada = true;
} else if (umidadeSolo >= UMIDADE_MINIMA && bombaLigada) {
  desligarBomba();
  bombaLigada = false;
}

```

```

// Ligar LEDs baseado na umidade
if (umidadeSolo > LIMIAR_LED) {
  ligarLedVermelho();
  desligarLedVerde();
} else {
  ligarLedVerde();
  desligarLedVermelho();
}
delay(20000);
}

// Função para ler a umidade do solo
int lerUmidadeSolo() {
  return analogRead(SENSOR_UMIDADE);
}

// Função para acionar a bomba (liga o relé)
void acionarBomba() {
  digitalWrite(PINO_RELE, HIGH);
  Serial.println("Bomba acionada para irrigação.");
}

```

É realizado o teste somente no sensor da umidade do solo para o acionamento da bomba de irrigação, se o valor da condição for identificado como solo seco a irrigação é iniciada, se o solo estiver umido a bomba não será acionada. O tempo de irrigação também pode ser alterado de acordo com a necessidade. Mas o sensor do solo irá verificar a quantidade de umidade por intervalo definidos e fazer a irrigação. Então enquanto ele realizar a leitura como seco a irrigação será realizada e será aceso o led vermelho para identificar.

```

// Função para desligar a bomba (desliga o relé)
void desligarBomba() {
  digitalWrite(PINO_RELE, LOW);
  Serial.println("Bomba desligada.");
}

void ligarLedVermelho() {
  digitalWrite(PINO_LED_VERMELHO, HIGH);
}

void desligarLedVermelho() {
  digitalWrite(PINO_LED_VERMELHO, LOW);
}

void ligarLedVerde() {
  digitalWrite(PINO_LED_VERDE, HIGH);
}

void desligarLedVerde() {
  digitalWrite(PINO_LED_VERDE, LOW);
}

```

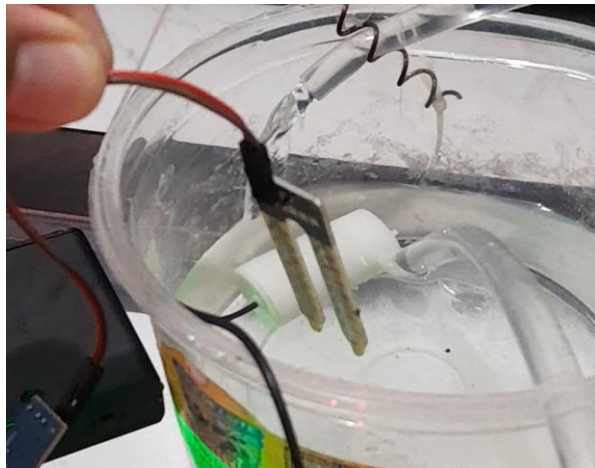
Nessa parte é apresentada as funções para acionar o relé e ligar bomba de água, assim como ligar os leds de acordo com a leitura do sensor.

## 5. Resultados

A partir dos testes realizados constatou-se que a otimização no setor agrícola contribui para diminuição dos gastos hídricos e no do controle do solo para o desenvolvimento de qualidade do plantio

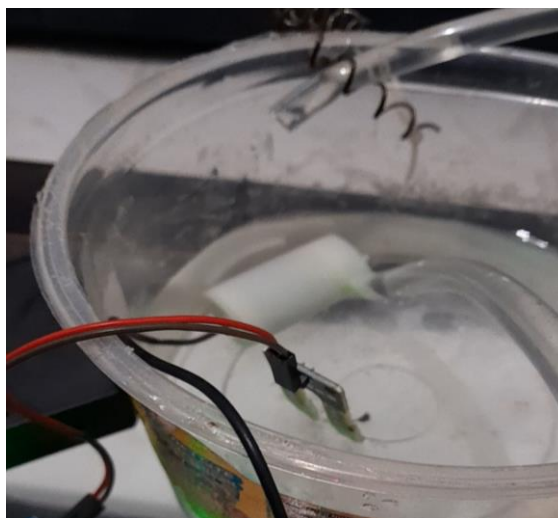
A seguir temos as imagens dos testes realizado com o sensor de umidade no solo diretamente na água para monitorar o seu funcionamento para o sistema de irrigação. Assim que ele é submerso na água o seu teor de umidade consequentemente aumenta fazendo com que a condição de acionamento da bomba de irrigação seja atendida.

Figura 8 – Sensor de umidade do solo sem contato com água



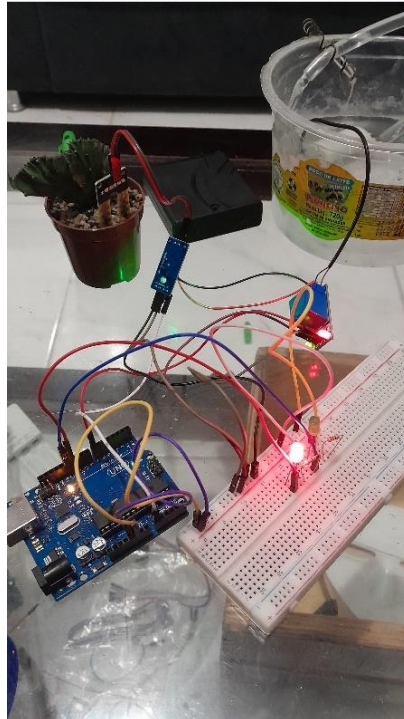
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 9 – Sensor de umidade do solo com contato com água



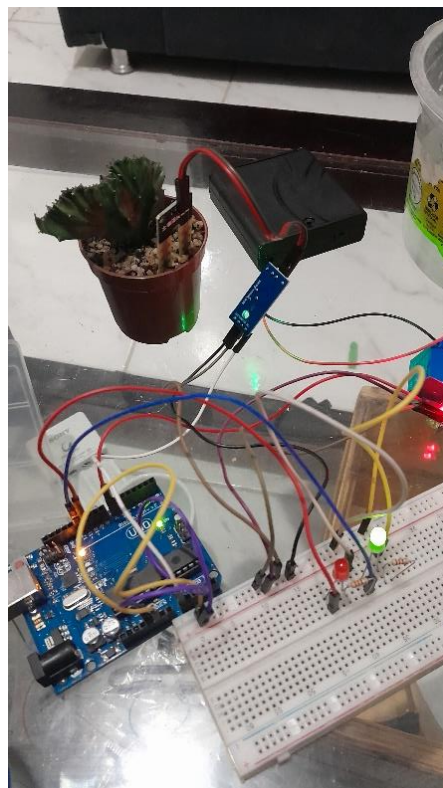
Fonte: Elaborado pela autora

Figuras 10 – Led vermelho acendendo



Fonte: Elaborado pela autora

Figuras 11 – Led verde acendendo

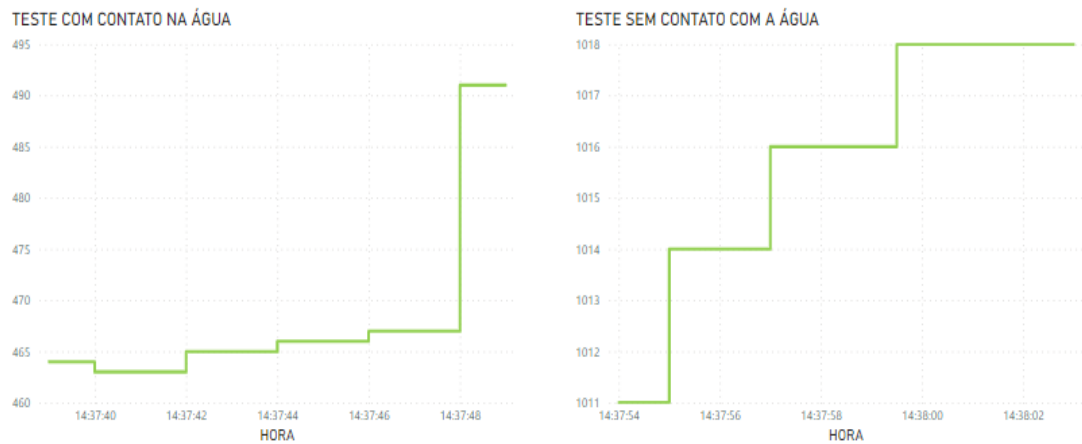


Fonte: Elaborado pela autora

Os Leds acendem de acordo com a leitura do sensor. Verde indica umidade dentro do padrão e vermelho indica que o solo está seco.

Nos gráficos a seguir apresenta-se a variação da umidade nos testes na água e no solo.

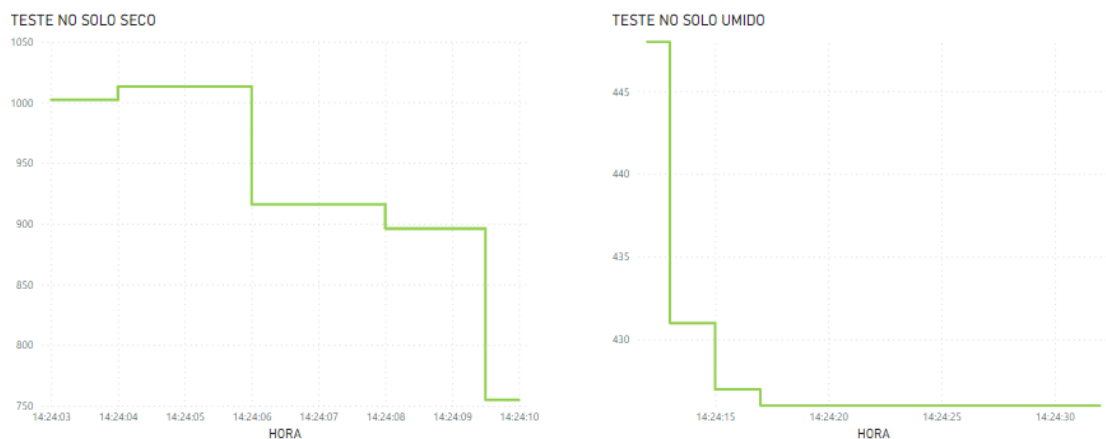
Gráfico 1 e 2 – Resultado dos testes do sensor na água



Fonte: Elaborado pela autora

No gráfico 1 é apresentado o teste com o sensor de umidade em contato direto com água dentro de um recipiente para os testes de seu funcionamento. É possível perceber que os valores registrados no intervalo de tempo são menores que a condição de acionamento da irrigação indicando que está úmido. Logo em seguida o sensor é retirado da água, o segundo gráfico exibe o valor da umidade após tirar o sensor da água. Ele registra valores maiores que a condição indicando que está seco (sem contato com a água). Assim, percebe-se que o sensor de umidade está fazendo as leituras corretamente do teor de umidade em um intervalo de tempo.

Gráfico 3 e 4 – Resultados dos testes do sensor no solo.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os gráficos são os resultados do teste do sensor de umidade primeiro em contato com o solo seco resultando em valores de umidade altos no intervalo com uma queda no final que foi quando a irrigação foi acionada e no segundo exibe a leitura do sensor após a irrigação no solo indicando que o solo ficou úmido e que não é necessário realizar irrigação novamente.

## **6. Conclusão**

Este trabalho foi submetido e aprovado no evento JID (Jornada de inclusão digital 2023) promovido pela faculdade de computação da UFPA campus Castanhal.

É possível perceber que a agricultura controlada pode ser utilizada em práticas agrícolas por automação de forma sustentável e de baixo custo no cultivo de hortaliças. A automação refinada desses sistemas, mas também eleva a qualidade e a produtividade das culturas. Assim como reduz o desperdício de água realizando o controle da quantidade de irrigação que ocorre na plantação.

Essa automatização representa não apenas uma evolução técnica, mas também uma revolução na gestão agrícola, assim os agricultores reduzem o uso de atividades manuais e terão melhor controle de terreno e recursos. Para assim, termos uma agricultura sustentável e com produções de qualidade.

Para trabalhos futuros, foi identificado alguns requisitos como melhorias futuras, como realizar a integração com smartphone via wifi para ter acesso em tempo real sobre a variação da umidade solo e da temperatura. E também realizar a adição de alguns componentes como sensor de luminosidade e de chuva. E realizar testes em grandes áreas com uma válvula solenoide. Ainda estão sendo feitas pesquisas afins de melhorar o projeto.

## Referências

ALBANO, F. G.; CAVALCANTE, I. H.; L.; MACHADO, J. S.; LACERDA, C. F.; SILVA, E.R.; SOUSA, H. G. New substrate containing agroindustrial carnaúba residue for production of papaya under foliar fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 21, n.2, p. 128-133, 2017. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v21n2/1415-4366-rbeaa-21-02-0128.pdf>>. Acesso em: out de 2023.

BLOG USINAINFO. Automação Residencial com ESP32 – Controle sua casa pela web. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/automacaoresidencial-com-esp32-controle-sua-casa-pela-web/>. Acesso em: ago de 2023.

BLOG USINAINFO. ESP32 WiFi: Comunicação com a Internet. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/esp32-wifi-comunicacao-com-a-internet/amp/>. Acesso em: jul de 2023.

BATISTA, S.C.O. Estudo técnico e econômico de dispositivo móvel visando automação de sistemas de irrigação a partir do monitoramento de conteúdo da água no solo. 44p Dissertação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica. 2012

CALBO, A. G; SILVA, W. L. C. Sistema de irrigação para manejo de irrigação: Fundamentos, aplicações e desenvolvimento. Adonai Gimenez Calbo. 2005.

CARNEIRO, R. G. Variabilidade da temperatura do solo em função da liteira em fragmento remanescente de mata atlântica. *Revista Brasileira de Engenharia agrícola*, Campina Grande, 2014.

DIGITALOCEAN. Como criar um servidor Web em Node.js com o módulo HTTP. Disponível em: <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/how-to-create-a-web-server-in-node-js-with-the-http-module-pt>. Acesso em: ago de 2023.

EMBRAPA. Manejo de água de irrigação. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacaotecnologica/cultivos/cebola/producao/irrigacao/manejo-da-agua-de-irrigacao>. Acesso em: nov de 2023.

ELETROGATE. Sensores. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/sensores-dht11-dht22/>. Acesso em: nov de 2023.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p

EXPO. Guides to get things done. Disponível em: <https://docs.expo.dev/guides/>. Acesso em: jul de 2023.

EMBRAPA. Manejo de irrigação de baixo custo. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1005748/sistemas-e-manejo-de-irrigacao-de-baixo-custo-para-agricultura-familiar>. Acesso em: nov de 2023.

EMBRAPA. Hortaliças em revista. Publicada em 2018 pela Embrapa hortaliças.

FERNANDO K TECNOLOGIA. IOT Poderosa com NodeJS ESP32. Disponível em: <https://www.fernandok.com/2019/12/iot-poderosa-com-nodejs-esp32.html>. Acesso em nov de 2023.

Hardware Arduino. Disponível em: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-wifi>. Acesso em: nov de 2023.

JUNIOR, A. L.A. Sistema de monitoramento e climatização de estufa de pequeno porte em um contexto doméstico. Tese de conclusão de curso, UniCEUB, Brasília, 2016

LABSTORE. Sensores de Umidade do Solo: O que você precisa saber. Disponível em: <https://blog.labstore.com.br/sensores-de-umidade-do-solo/>. Acesso em: ago de 2023.

LAMAS, F. M. Plantas de cobertura: o que é isto? EMBRAPA, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28512796/artigo---plantas-de-coberturaoque- e-isto>>. Acesso em: out de 2023.

PET – Tecnologia em eletrônica computação. Tutorial - Enviando um JSON com ESP32. Disponível em: <https://pettec.unifei.edu.br/enviando-json-com-esp32/>. Acesso em: set de 2023.

REACT NATIVE. Core Components and Native Components. Disponível em: <https://reactnative.dev/docs/getting-started>. Acesso em: set de 2023.

SENAR. Irrigação: manejo e gestão de sistema localizado. Disponível em: [www.senar.org.br](http://www.senar.org.br). Acesso em: nov de 2023

SOUZA, R.R.S. Sistema de irrigação: uma solução de baixo custo para agricultura. VII JICE, 2015.

VITOR, C. A importância da cobertura vegetal no solo. Agrolink. 2010. Disponível em<[https://www.agrolink.com.br/agromidias/video/a-importancia-da-cobertura-vegetalnosolo\\_2037.html](https://www.agrolink.com.br/agromidias/video/a-importancia-da-cobertura-vegetalnosolo_2037.html)>. Acesso em: out. de 2023

TRANI, P. E.; TERRA, M. M.; TECCHIO, M. A.; TEIXEIRA, L. A. J.; HANASIRO, J. Adubação Orgânica de hortaliças e fruteiras. Campinas: São Paulo, 2003. 16p.

SOARES, D.A.; BATISTA, B.M.; SANTOS, A.A.; YUJI, F.; CARDOSO, J.M.; GOMES, G.; DIAS, E.O. IOSEED – Sistema de irrigação baseado em IOT.

STRAUB. A. S. Projeto Arduino de irrigação automatizada. Disponível em:<https://www.usinainfo.com.br/blog/projeto-arduino-de-irrigacao-automatica-sua-planta-sempre-bem-cuidada/> Acessado em nov de 2023

Mini bomba submersível. Disponível em: <https://www.vidadesilicio.com.br/produto/mini-bomba-submersa-5v-agua/>. Acessado em: nov de 2023

EOS. Umidade do solo. Disponível em: <https://www.eos.com/pt/blog/umidade-do-solo>. Acessado em: nov de 2023

REIS D. J. Sistema de controle aplicado à automação de irrigação agrícola. Tese de conclusão de curso. UTFP, Cornélio Procópio. 2015