Revista de Engenharia, TI e Inovação – RETII

PROJETO DE ESTUFA AUTOMATIZADA COM ARDUÍNO

Gabriel Custódio de Abreu[1]; Matheus Rosa Marcelino[1]; Leandro Aureliano da Silva[1]; Lúcio RogérioJúnior[2]; Marcelo Lucas[1]; Eduardo Silva Vasconcelos[3]; Edilberto Pereira Teixeira[1]

[1] Universidade de Uberaba - Uniube
[2]Instituto Federal do Triângulo Mineiro - IFTM
[3]Instituto Federal Goiano - IF Goiano

Autor Correspondente: g.custodio99@edu.uniube.br

RESUMO

O uso de tecnologias na agricultura é fundamental para aumentar a competitividade e solucionar desafios relacionados ao espaço e às condições ambientais. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de estufa automatizada, utilizando componentes de baixo custo para eliminar a necessidade de intervenção manual no cultivo de plantas. O sistema de controle é baseado no Arduino Uno R3, escolhido por sua facilidade de programação e ampla conectividade com sensores. A irrigação é automatizada por sensores de umidade do solo, que acionam um relé para ativar a bomba de água conforme a necessidade hídrica da planta. Além disso, a regulação da ventilação ocorre por meio de *setpoints* predefinidos. Como validação do sistema, será cultivado um morangueiro, devido ao seu rápido crescimento, possibilitando a análise da eficiência da estufa no controle das condições ambientais. Os resultados esperados incluem um ambiente autônomo e eficiente para o cultivo, otimizando recursos e reduzindo a necessidade de mão de obra

Palavras-chave: estufa automatizada; Arduino Uno; irrigação automatizada; sensores de umidade; agricultura tecnológica.

ABSTRACT

The use of technology in agriculture is essential to increase competitiveness and address challenges related to space and environmental conditions. This study presents the development of an automated greenhouse prototype using low-cost components to eliminate the need for manual intervention in plant cultivation. The control system is based on the Arduino Uno R3, chosen for its ease of programming and extensive connectivity with sensors. Irrigation is automated through soil moisture sensors, which activate a relay to turn on the water pump as needed. Additionally, ventilation regulation is managed through predefined setpoints. To validate the system, a strawberry plant will be cultivated due to its fast growth, allowing for an analysis of the greenhouse's efficiency in controlling environmental conditions. The expected results include an autonomous and efficient environment for cultivation, optimizing resources and reducing the need for labor.

Keywords: automated greenhouse; Arduino Uno; automated irrigation; soil moisture sensors; agricultural technology.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura é essencial para garantir a qualidade da alimentação da população mundial. Dessa forma, o desenvolvimento de técnicas e tecnologias que aprimorem a produção agrícola torna-se fundamental, tanto para aumentar a rentabilidade dos exportadores quanto para melhorar a qualidade dos alimentos consumidos.

A automação e o controle têm impulsionado avanços significativos na mecanização de tarefas que antes eram manuais. Um exemplo é a “irrigação de precisão”, que utiliza sensores para otimizar o uso da água e já é amplamente pesquisada em todo o mundo. Segundo Molin, Amaral e Colaço (2015), já existem equipamentos disponíveis no mercado, e essa tecnologia tem sido aplicada com sucesso por diversos produtores. Além disso, com o avanço do desenvolvimento, esses equipamentos estão cada vez mais eficientes.

Com o crescimento da urbanização, torna-se necessário o uso de métodos que viabilizem o cultivo em espaços reduzidos, muitas vezes dentro de residências. Para isso, a aplicação de iluminação artificial e sistemas automatizados de controle são essenciais para garantir o crescimento e a sobrevivência das plantas, além de promover o uso racional dos recursos hídricos.

De acordo com Stein e Virtis (2020), as primeiras estufas surgiram na Roma Antiga, quando o imperador Tibério desejava cultivar frutos durante todo o ano. Para isso, foi construída uma estrutura móvel que, no verão, era deslocada para aproveitar a luz solar ao máximo e, no inverno, era protegida por vidro e pedras para resguardar as plantas do frio.

Este trabalho tem como objetivo demonstrar os benefícios de um sistema inteligente de estufa, capaz de operar tanto em ambientes internos quanto externos, promovendo o controle eficiente do consumo de água. O projeto será desenvolvido por meio de um protótipo de baixo custo, utilizando componentes simples, ainda que com menor precisão e efetividade.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Com o crescimento da população urbana, torna-se cada vez mais difícil encontrar espaços adequados para o cultivo em residências. Nesse contexto, a implementação de uma estufa automatizada, mesmo que construída com componentes simples, representa um avanço significativo, permitindo o cultivo em espaços reduzidos.

O surgimento da Internet das Coisas (IoT) possibilitou a criação da chamada Agricultura 4.0, uma adaptação dos conceitos da Indústria 4.0 para o setor agrícola. Segundo Jesus (2021), essa tecnologia permite otimizar o uso de recursos naturais, reduzindo o consumo excessivo de água na irrigação e melhorando a eficiência de insumos agrícolas.

De acordo com DARE AGRO (2022), as estufas automatizadas apresentam diversas vantagens para a produção agrícola, incluindo a capacidade de lidar com variações climáticas, o controle eficiente de pragas e doenças, além da regulação da temperatura, umidade e luminosidade. Além disso, a automação reduz significativamente a necessidade de mão de obra no cultivo.

As variáveis analisadas neste estudo incluem a temperatura, a umidade do ar dentro da estufa e a umidade do solo no vaso da planta. Para garantir a automação desse sistema, é essencial o uso de um controlador, que atua como o cérebro do sistema, processando as informações e controlando os módulos e circuitos eletrônicos.

Dentre as diversas opções disponíveis, o Arduino se destaca como uma das placas de microcontroladores mais utilizadas na eletrônica, devido à sua compatibilidade com o ambiente de desenvolvimento próprio (Arduino IDE) e sua extensa biblioteca de módulos pré-configurados. Por essas razões, o Arduino Uno R3 foi escolhido como controlador do protótipo, conforme ilustrado na Figura 1.

Serão utilizados dois módulos de relés: um de um canal e outro de dois canais. O relé de um canal controlará a bomba submersa do sistema de irrigação. Já o relé de dois canais será responsável tanto pelo ventilador do sistema de refrigeração quanto pela lâmpada. A função desses relés é permitir que o controlador (Arduino Uno R3) comande a operação desses componentes de acordo com as definições pré-estabelecidas pelo código programado.

Figura 1 – Arduino Uno R3

Fonte: Acervo dos autores (2024).

Na Figura 2, é apresentado o relé de dois canais utilizado no projeto. Esse relé estabelecerá a comunicação entre o controlador Arduino Uno R3, o ventilador que refrigerará a estufa e a lâmpada que fornecerá energia luminosa para a planta.

Figura 2 – Relé de dois canais

Fonte: Acervo dos autores (2024).

De acordo com Williams (2024), os sensores de umidade do solo tornaram-se ferramentas essenciais para a agricultura moderna, pois permitem um controle mais preciso da quantidade de água utilizada na irrigação, reduzindo o desperdício desse recurso fundamental para a vida humana.

A medição da umidade do solo pode ser realizada por métodos diretos e indiretos. Segundo Borges (2024), o método direto consiste na coleta de amostras do solo e na quantificação da água presente por meio de equipamentos secantes. Já o método indireto baseia-se na análise de outras propriedades do solo para estimar seu teor de umidade, sendo mais atrativo devido à possibilidade de utilização de sensores, que permitem leituras em tempo real.

No protótipo em desenvolvimento, será utilizado o sensor de umidade de solo resistivo modelo HL-69, que mede a umidade do solo a partir da resistividade entre dois eletrodos inseridos no solo. Conforme Silva (2021), esse

tipo de medição ocorre por meio da diferença resistiva entre os eletrodos, permitindo determinar a quantidade de água presente no solo.

A Figura 3 apresenta o sensor de umidade de solo que será utilizado no protótipo.

Figura 3 – Relé de dois canais Sensor HL-69

Fonte: Acervo dos autores (2024).

A bomba submersa foi conectada a um dos relés para possibilitar sua ativação pelo Arduino. Ela é acionada para enviar água ao vaso de planta quando a porcentagem de umidade detectada pelo sensor for menor que o valor de referência. A Figura 4 apresenta a imagem da bomba submersa utilizada para a irrigação da estufa.

Figura 4 - Bomba submersa

Fonte: Acervo dos autores (2024).

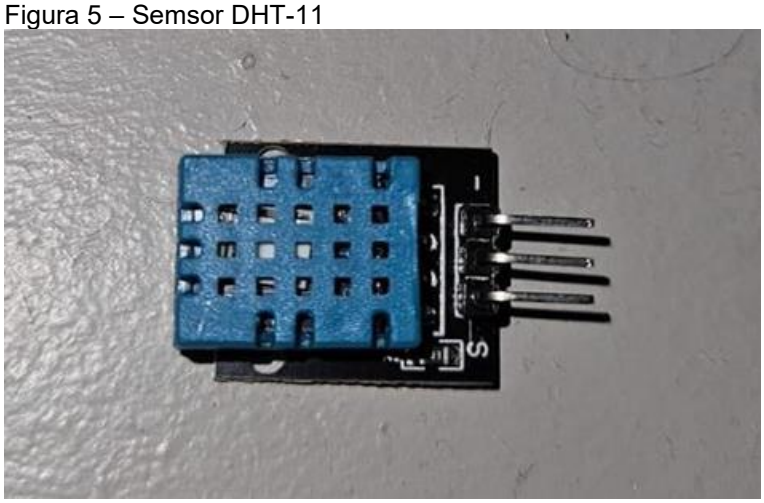
No contexto deste projeto, é essencial que a bomba permaneça desligada e seja ativada apenas quando o sensor de umidade detectar que o solo está

seco. Para isso, será utilizada a conexão NA (Normalmente Aberta), garantindo que o sistema opere corretamente.

O sensor escolhido para medir a temperatura dentro da estufa é o DHT-11, que realiza tanto a medição da temperatura quanto da umidade do ar. O valor obtido determinará a ativação do sistema de refrigeração.

A Figura 5 apresenta a imagem do sensor utilizado no protótipo.

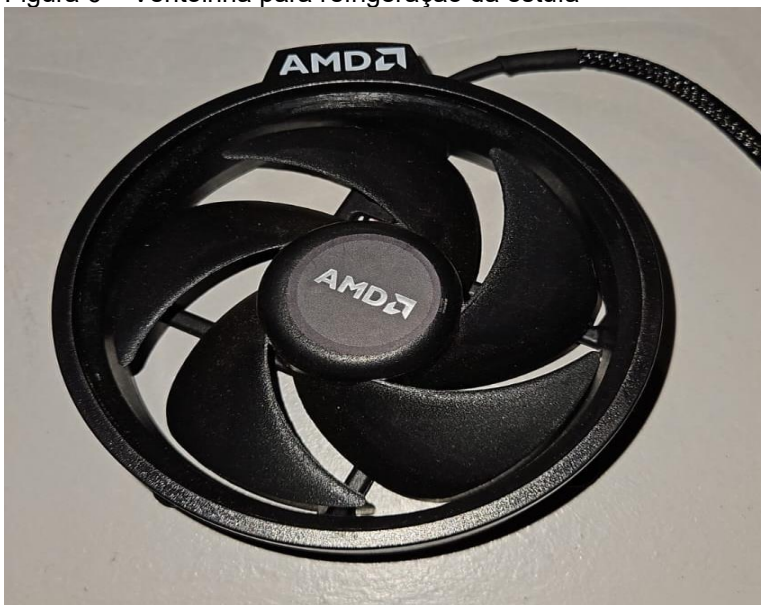
Figura 5 – Semsor DHT-11



Fonte: Acervo dos autores (2024).

Será utilizada uma ventoinha para fazer a refrigeração de toda a estufa, ela permanecerá desligada pelo relé, e será ativada assim que o sensor DHT-11 obter uma leitura de temperatura acima do valor de referência definido, e desligará novamente quando a temperatura medida alcançar um valor abaixo do estabelecido. A Figura 6 apresenta o ventilador utilizado na estufa.

Figura 6 – Ventoinha para refrigeração da estufa



Fonte: Acervo dos autores (2024).

Além disso, o protótipo conta com um display LCD 16x2, caracterizado por suas 16 colunas e 2 linhas. Vale destacar que esse modelo possui conexão I2C, o que permite a comunicação utilizando apenas dois pinos do Arduino, liberando assim outras portas para diferentes funcionalidades do projeto. O display será responsável por exibir informações essenciais sobre a estufa, incluindo os valores de umidade expressos em porcentagem e a temperatura interna. Nas Figuras 7 e 8, são apresentadas, respectivamente, a parte frontal do display e a parte traseira, onde está localizado o módulo I2C.

Figura 7 – Display LCD 16x2 com conexão I2c – parte frontal

Fonte: Acervo dos autores (2024).

Figura 8 – Display LCD 16x2 com conexão I2c – parte traseira

Fonte: Acervo dos autores (2024).

Por fim, o protótipo conta com uma lâmpada, também ativada por um relé, que deverá ficar ligada por 16 horas, e desligada por 8 horas, garantido que a planta receba energia luminosa suficiente para crescer e dar frutos. Na Figura 9 é apresentada a lâmpada utilizada.

Figura 9 – Lâmpada utilizada para a estufa

Fonte: Acervo dos autores (2024).

Sendo assim, será realizado o projeto de um protótipo de estufa automatizada utilizando o Arduino Uno R3, com a intenção de tornar o processo de cuidado da planta automático e adequado para áreas internas e de pouco espaço.

O protótipo contará com sistemas de irrigação, refrigeração e iluminação. A irrigação funcionará através da leitura dos valores de umidade do solo medidos; caso estejam abaixo dos valores estabelecidos, o controlador acionará a bomba submersa, irrigando o vaso da planta. A refrigeração ocorrerá por meio da leitura da temperatura pelo sensor DHT-11, que ativará o ventilador caso o valor lido esteja acima do desejado. O sistema de iluminação funcionará por meio de um timer, no qual a lâmpada permanecerá ligada por 16 horas e desligada por 8 horas dentro de um ciclo diário.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foram realizados testes para garantir o funcionamento dos equipamentos, em especial a bomba submersa do sistema de irrigação, como é perceptível pelas Figuras 10 e 11.

Figura 10 – Teste de funcionamento do sensor de umidade de solo

Fonte: Acervo dos autores (2024).

Após os testes, foi iniciada a montagem estrutural da estufa e a programação do Arduino.

Primeiramente, como é possível ver na imagem da figura 12, a base da estufa foi feita de madeira, devido ao baixo custo e à facilidade de fixar os componentes da estufa, facilitando a montagem.

Já a estufa em si, foi feita de placas de poliestireno cristal, ou PS cristal, que é um material plástico, transparente e que segundo Machado, Costa e Cardoso (2017), além de ser leve, possui uma grande resistência. Na Figura13 é mostrado o poliestireno usado para as “paredes” da estufa.

Figura 11 – Teste de funcionamento do sistema de irrigação

Fonte: Acervo dos autores (2024).

Figura 12 – Montagem da base da estufa

Fonte: Acervo dos autores (2024).

Figura 13 – PS cristal utilizado na montagem da estufa

Fonte: Acervo dos autores (2024).

As vantagens desse tipo de material, é que ele permite uma grande passagem de luz natural devido à sua alta transparência, possibilitando que a planta se beneficie da luz solar. Além disso, esse material possui um custo bastante acessível dentre os materiais transparentes.

O poliestireno cristal foi colado na estrutura de madeira na parte inferior e suas faces unidas com o uso de cantoneiras de ferro como mostrado nas Figuras 14 e 15, respectivamente, garantindo uma maior resistência à estufa.

Figura 14 – Cantoneiras de ferro

Fonte: Acervo dos autores (2024).

Figura 15 – Placas de poliestireno cristal coladas com as cantoneiras de ferro

Fonte: Acervo dos autores (2024).

Em seguida, os componentes eletrônicos foram fixados na base da estufa, na parte de fora como apresentado na Figura 16. E a planta foi colocada na parte interna, junto com a lâmpada que irá iluminá-la e, através de furos no vidro, a mangueira da bomba submersa que se encontra no reservatório na parte

externa, joga água dentro do vaso da planta, como pode ser verificado na Figura 17.

Figura 16 – Parte externa da estufa, com os componentes fixados

Fonte: Acervo dos autores (2024).

Figura 17 – Parte interna da estufa, com a lâmpada, o vaso de planta, e a mangueira que irrigará a planta

Fonte: Acervo dos autores (2024).

Em seguida, foi realizado um corte circular no vidro da estufa e implementado um ventilador com o objetivo de resfriar o interior, caso ocorra um aquecimento na área onde a planta se encontra. A Figura 18 mostra a parte em que o ventilador está fixado.

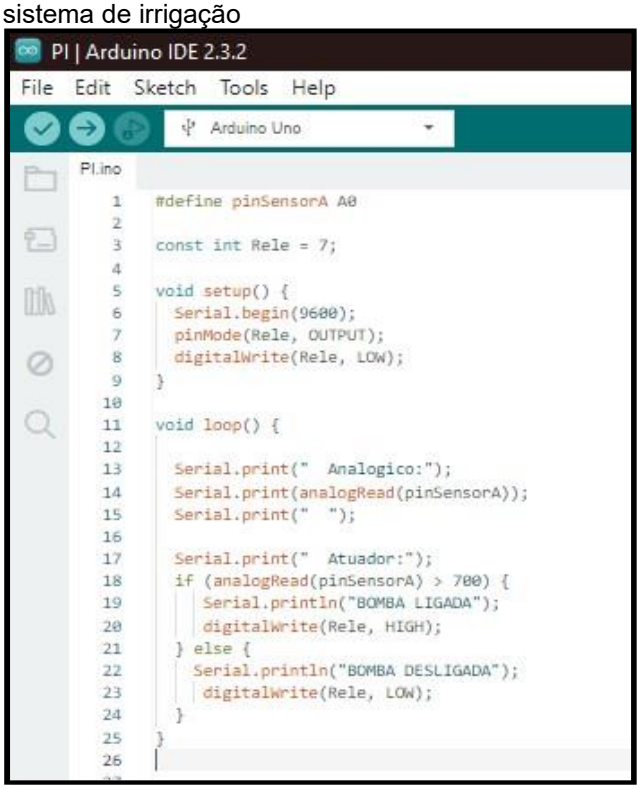
Figura 18 – Ventoinha para o resfriamento

Fonte: Acervo dos autores (2024).

No caso desse projeto, como foi utilizado o Arduino Uno R3 como controlador, a plataforma de programação usada para criar e testar o código da estufa, foi o Arduino IDE, plataforma própria dos controladores do tipo Arduino.

Na Figura 19, pode ser observada a tela do ambiente de programação do Arduino, contendo o código utilizado para testar o funcionamento do sistema de irrigação e os valores de leitura dos sensores de umidade, além do comando de acionamento para o relé da bomba submersa, encarregada de enviar água para o vaso da planta.

Figura 19 – Programação no Arduino IDE para testar o funcionamento do sistema de irrigação

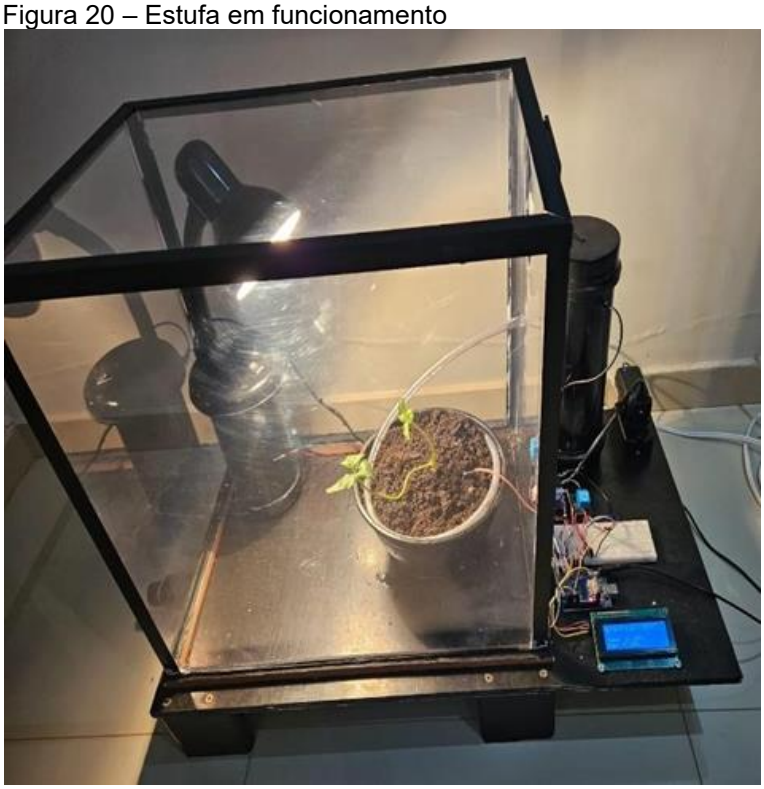


Fonte: Acervo dos autores (2024).

Na estufa, com exceção da lâmpada, que está programada para permanecer acesa por 16 horas e desligada por 8 horas ao longo do dia, e do display LCD, programado para mostrar os valores obtidos pelos sensores, o código foi desenvolvido para que o Arduino leia todos os sensores utilizados. Caso algum dos valores obtidos esteja fora dos parâmetros estabelecidos, uma ação é tomada para solucionar o problema.

Após a montagem, programação e testes, foi perceptível que a estufa ficou funcional, medindo os valores de umidade e mostrando as informações de leitura no display de forma correta, além de irrigar a planta automaticamente. Além disso, o sensor de temperatura realmente funcionou em captar os valores e as ventoinhas refrigeraram com sucesso o interior da estufa. Na Figura 20 está disposta a estufa finalizada e em funcionamento.

Figura 20 – Estufa em funcionamento



Fonte: Acervo dos autores (2024).

Com o passar do tempo, observou-se que o morangueiro se desenvolvia de maneira saudável, recebendo luz e água em quantidades adequadas para garantir uma frutificação equilibrada, sem sinais de desidratação ou folhas secas.

No entanto, durante o uso prolongado, algumas limitações do sistema foram identificadas. O sensor de umidade do solo apresentou um desgaste prematuro, com corrosão acelerada de sua placa metálica em poucos dias de operação, conforme ilustrado na Figura 21.

Figura 21 - Sensor de umidade de solo com uma das extremidades corroída

Fonte: Acervo dos autores (2024).

Essa falha é provavelmente atribuída ao fato de o sensor ser um modelo simples e sem revestimento, projetado para aprendizado e testes, não sendo ideal para aplicações de longo prazo em ambientes úmidos e sujeitos à corrosão. Isso resultou na necessidade de substituir o sensor, o que pode aumentar os custos operacionais e reduzir a confiabilidade do sistema, tendo em vista que, após a corrosão do sensor, a bomba enviou toda a água do reservatório para o vaso, correndo o risco de danificar tanto a planta quanto a bomba submersa.

Embora o sistema tenha demonstrado funcionalidade básica, algumas melhorias são recomendadas para garantir maior durabilidade e eficácia, como a substituição dos sensores utilizados por sensores mais robustos e com encapsulamento, projetados especificamente para o uso agrícola, que possuem alta resistência à corrosão. O trabalho de Peres, Souza e Santos (2022), faz um estudo sobre corrosão em sensores de umidade, o que pode auxiliar na melhora do protótipo proposto.

Outra melhoria que pode aumentar a confiabilidade e precisão do sistema de irrigação é o uso de aparelhos como o tensiômetro, que de acordo com Azevedo e Silva (1999), é completamente cheio de água, essa água é liberada quando o solo fica seco, criando um vácuo dentro do aparelho que será medido pelo tensiômetro, esse tipo de sensor poderia ser incorporado no projeto junto com os sensores resistivos, melhorando a precisão das medidas devido ao uso de sensores que medem o a umidade do solo através de duas formas distintas.

Além disso, outra funcionalidade que poderá ser implementada futuramente, para melhorar a eficiência da estufa é o uso de um sistema de monitoramento de falhas, que identifique e alerte através do display, no caso de falhas e anormalidades nos sensores, evitando problemas mais graves. Outro fator, seria a análise de dados anteriores para permitir ajustes automáticos na estufa, com base nas condições específicas da planta utilizada.

Em suma, embora o sistema tenha alcançado seus objetivos iniciais, as melhorias propostas podem aumentar sua confiabilidade e eficiência em

aplicações práticas. Isso é essencial para garantir a sustentabilidade de projetos automatizados em ambientes agrícolas.

4 CONCLUSÕES

O desenvolvimento da estufa automatizada utilizando Arduino demonstrou um funcionamento eficiente, atendendo às funcionalidades propostas, como o controle automático das condições internas. Apesar de ser um protótipo, o sistema se mostrou uma solução viável e de fácil replicação para aplicações agrícolas, permitindo sua expansão para diferentes escalas sem necessidade de modificações estruturais complexas.

Entretanto, algumas melhorias podem ser implementadas para otimizar sua durabilidade e precisão. A substituição dos sensores atuais por modelos mais resistentes à corrosão, especialmente projetados para o uso agrícola, contribuiria para uma maior longevidade do sistema. Além disso, a integração de tecnologias complementares, como tensiômetros para uma medição mais precisa da umidade do solo, e um sistema de monitoramento de falhas associado à análise de dados históricos, agregaria maior confiabilidade e eficiência ao controle automatizado.

Dessa forma, o projeto apresenta um grande potencial de evolução, podendo atender de maneira ainda mais eficaz às necessidades tanto de pequenos quanto de grandes produtores agrícolas. Sua implementação em larga escala contribuiria para a automação sustentável no setor, promovendo o uso racional de recursos e otimizando a produtividade agrícola.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M. **Tensiômetro**: dispositivo prático para controle da irrigação. Empresa brasileira de Pesquisa Agropecuária, Planaltina, 1999. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/551819/1/cirtec01.pdf. Acesso em: 1 jun. 2024.

BORGES, I. B. **Protótipo de sensor de umidade do solo de baixo custo**. Instituto Federal Goiano, 2024. Monografia (Engenharia Agrícola) – Instituto Federal Goiano, Urutaí – GO. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/4387. Acesso em: 1 jun. 2024.

DARE AGRO. **Estufas agrícolas automatizadas**: controle automatizado em uma estufa para produção agrícola. 2022. [eBook Kindle]. Disponível em: https://www.amazon.com.br/Agr%C3%ADcolas-Automatizadas-Controle-automatizado-produ%C3%A7%C3%A3o-ebook/dp/B09QSVPX4L. Acesso em: 1 jun. 2024.

JESUS, K. **Aplicação de Internet das Coisas (IoT) na Agricultura de Precisão**. 2021. Monografia (Sistemas de Informação) - Universidade Estadual

de Goiás, Posse - GO. Disponível em: https://repositorio.ueg.br/jspui/handle/tede/643. Acesso em: 1 jun. 2024.

MACHADO, C. E. V.; COSTA, A. C. A. da; CARDOSO, R. C. **Estudo das propriedades mecânicas e térmicas do poliestireno de alto impacto**. *Cadernos UniFOA*, v. 11, n. 32, p. 29-36, 2017. Disponível em: http://revistas.unifoa.edu.br/cadernos/article/view/474. Acesso em: 2 mar. 2024.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.do.; COLAÇO. A. F. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

PERES, Luiz Ricardo de Oliveira; SOUZA, Otávio César Pinheiro de; SANTOS, Carlos Renato Borges dos. Análise Experimental da Durabilidade de Sensores de Umidade do Solo utilizados com Arduino. **Conferência de Engenharia Elétrica - Ceel**, Uberlândia, MG, p. 1-5, 2022. Disponível em: https://www.peteletricaufu.com.br/static/ceel/artigos/artigo_740.pdf. Acesso em: 1 jun. 2024.

SILVA, M. **Análise da hidrodinâmica com sensores capacitivo e resistivo de Arduino em solo do cerrado**. 2021. Dissertação (Mestrado em Irrigação no Cerrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Ceres. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/2362. Acesso em: 1 jun. 2024.

STEIN, A.; VIRTIS, N. **The conservatory**: gardens under glass. Princeton Architectural Press, 2020.

WILLIANS, B. **The art of irrigation**: mastering efficient watering techniques for agriculture and landscapes. 2024.