Projeto Eletrônico de um Sistema de Irrigação Automático utilizando os microcontroladores Arduino e Esp8266

Rudson Thalison Mendonça Fernandes[1], Erlania Lima de Oliveira[2]

[1]Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, Brasil
(rudson.fernandes@alunos.ufersa.edu.br)
[2] Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, Brasil

Resumo: Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema eletrônico inteligente para automação da irrigação em hortaliças, com foco no uso eficiente da água em pequenas e médias hortas. A proposta foi motivada pela necessidade de reduzir desperdícios no manejo hídrico, especialmente em cultivos que dependem de monitoramento constante da umidade do solo. O protótipo foi estruturado com Arduino Uno R3, módulo NodeMCU ESP8266, sensor capacitivo de umidade do solo, módulo RTC, relé, motobomba, display LCD, potenciômetro e botões de configuração. O Arduino atuou como unidade central de controle, realizando a leitura do sensor, o processamento dos dados e o acionamento automático da irrigação conforme limites previamente definidos. O ESP8266 permitiu a comunicação sem fio, possibilitando o envio de informações ao usuário, como valores de umidade e quantidade de acionamentos do sistema. A alimentação do circuito foi organizada por fonte de 12 VCC, regulador de tensão para 5 V e barramentos, enquanto a motobomba operou com alimentação de 220 VAC. Os resultados indicaram que o sistema construído pode auxiliar no monitoramento da horta e no acionamento automático da irrigação, contribuindo para práticas agrícolas mais eficientes, sustentáveis e acessíveis à agricultura familiar. Além disso, favorece decisões rápidas sobre o manejo hídrico diário.

Palavras-chave: Arduino, automação, umidade de solo, economia de água.

INTRODUÇÃO

A automação aplicada à agricultura tem contribuído para modernizar práticas de cultivo, principalmente em atividades que dependem de monitoramento frequente, como a produção de hortaliças. Nesse contexto, sistemas elétrico-eletrônicos compostos por sensores, microcontroladores, módulos de acionamento e atuadores permitem maior controle sobre variáveis do ambiente agrícola, como umidade do solo, temperatura e disponibilidade hídrica. Essa integração entre eletrônica embarcada e manejo agrícola favorece decisões mais precisas e reduz a dependência de operações exclusivamente manuais (OBAIDEEN et al., 2022).

A produção de hortaliças exige atenção constante ao fornecimento de água, pois tanto o déficit quanto o excesso de irrigação podem comprometer o desenvolvimento das plantas. Em escala global, a agricultura representa uma das principais demandas por recursos hídricos, com grande participação nas retiradas de água doce para uso produtivo (FAO, 2021). Dessa forma, o uso racional da água torna-se um aspecto essencial para o cultivo sustentável, especialmente em pequenas e médias hortas, nas quais o desperdício pode elevar custos e reduzir a eficiência do processo produtivo.

No cultivo de hortaliças, a irrigação precisa manter a umidade dentro de uma faixa adequada na zona das raízes, evitando períodos de estresse hídrico ou encharcamento. Para isso, sensores de umidade do solo podem fornecer informações em tempo real sobre a condição do substrato, permitindo que o sistema de controle atue somente quando houver necessidade. Essa abordagem é importante porque a irrigação automática baseada em sensores busca conservar água sem prejudicar o crescimento das plantas (MUÑOZ-CARPENA; DUKES, 2024).

Do ponto de vista eletrônico, um sistema de automação para hortaliças pode ser estruturado a partir de sensores capacitivos ou resistivos de umidade, sensor de temperatura e umidade do ar, microcontrolador, módulo relé, bomba d'água ou válvula solenoide, além de fonte de alimentação e interface de visualização. O microcontrolador atua como unidade central de processamento, lendo os sinais dos sensores, comparando-os com limites previamente definidos e acionando a irrigação por meio de circuitos de potência. Essa arquitetura permite transformar medições físicas em ações automáticas de controle, aproximando o manejo da irrigação dos

princípios de sistemas embarcados e agricultura de precisão (SY; PANGANIBAN; ENDRIS, 2020).

Embora temporizadores sejam soluções simples e de baixo custo, seu funcionamento normalmente depende de horários fixos e não considera diretamente a condição real do solo. Assim, a irrigação pode ser acionada mesmo após chuvas, em períodos de menor demanda hídrica ou quando o solo ainda apresenta umidade suficiente. Sistemas inteligentes de irrigação, por outro lado, utilizam dados de sensores e podem ajustar o acionamento conforme as condições do ambiente, reduzindo desperdícios e tornando o processo mais eficiente (OBAIDEEN et al., 2022).

O monitoramento da umidade do solo tem se consolidado como uma ferramenta relevante para a agricultura de precisão, pois permite avaliar a disponibilidade de água em diferentes profundidades e melhorar a tomada de decisão no manejo hídrico. Tecnologias baseadas em sensores elétricos, redes sem fio, IoT e comunicação remota vêm sendo utilizadas para ampliar a precisão da irrigação e facilitar o acompanhamento das condições de cultivo (ZHANG; FENG; SUN, 2024). Além disso, estudos com automação baseada em sensores de umidade demonstram ganhos de eficiência na aplicação de água, reforçando o potencial desses sistemas em diferentes modelos de irrigação (PRAMANIK et al., 2022).

Diante disso, este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema eletrônico inteligente para automação de hortaliças, utilizando sensores de umidade do solo, unidade de controle e acionamento automático da irrigação. A proposta busca contribuir para o uso mais eficiente da água em hortas de pequeno e médio porte, especialmente em contextos de agricultura familiar, reduzindo desperdícios e auxiliando no monitoramento das condições necessárias ao desenvolvimento das plantas.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Arduino Uno R3 é uma placa de prototipagem eletrônica baseada no microcontrolador ATmega328P, bastante utilizada em projetos acadêmicos, sistemas embarcados e aplicações de automação de baixo custo. Sua popularidade ocorre pela facilidade de programação, disponibilidade de bibliotecas, compatibilidade com sensores e atuadores e integração com a plataforma Arduino IDE. A placa possui 14 pinos digitais de entrada e saída, dos quais 6 podem ser utilizados como saídas PWM, além de 6 entradas analógicas, conexão USB, conector de alimentação, botão de reset e frequência de operação de 16 MHz, como pode ser visualizado pela Figura 1 (ARDUINO, s.d.).

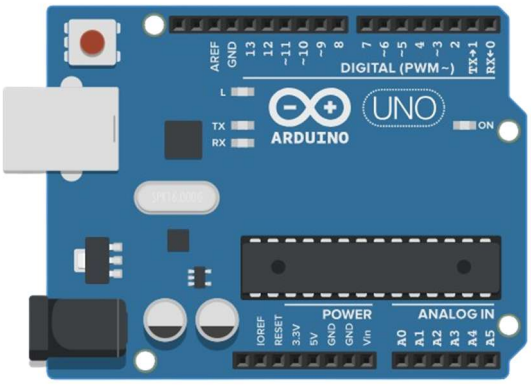


Figura 1. Arduino Uno R3
(AUTODESK, 2026).

Em um sistema automatizado de irrigação para hortaliças, o Arduino Uno R3 pode atuar como unidade central de controle, sendo responsável por receber os sinais provenientes dos sensores, processar as informações e comandar o acionamento dos dispositivos de irrigação. Por meio das entradas analógicas, a placa pode realizar a leitura do sensor de umidade do solo, convertendo a variação elétrica fornecida pelo sensor em valores digitais interpretáveis pelo microcontrolador. A partir desses valores, o sistema pode comparar a umidade medida com limites previamente definidos e decidir se a bomba d'água ou a válvula solenoide deve ser acionada.

Do ponto de vista eletrônico, o Arduino Uno R3 permite a integração entre circuitos de baixa potência, como sensores e módulos de comunicação, e circuitos de acionamento, como relés, motores e válvulas. Como os pinos da placa não são projetados para alimentar diretamente cargas de maior corrente, normalmente utiliza-se um módulo relé ou circuito com transistor para realizar o chaveamento da carga. Dessa forma, o Arduino funciona como o elemento lógico do sistema, enquanto os dispositivos de potência executam a ação física de irrigar a horta.

O NodeMcu ESP8266 é um controlador acoplado com módulo eletrônico com conectividade Wi-Fi integrada, amplamente empregado em aplicações de Internet das Coisas, automação residencial, monitoramento remoto e sistemas embarcados conectados, evidenciado na Figura 2. De acordo com a Espressif Systems, o ESP8266EX é uma solução Wi-Fi altamente integrada, projetada para aplicações que exigem baixo consumo, dimensões reduzidas e comunicação sem fio confiável. O dispositivo pode funcionar tanto como aplicação independente quanto como módulo auxiliar de comunicação conectado a outro microcontrolador (ESPRESSIF SYSTEMS, 2025).

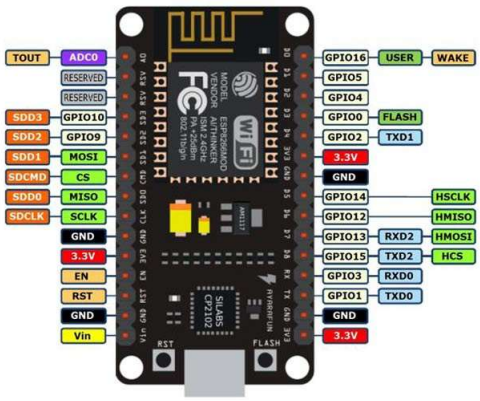


Figura 2. NodeMCU Esp8266
(COMPONENTS101, 2020).

Em sistemas de irrigação automatizada, o ESP8266 permite que os dados coletados no campo sejam enviados para plataformas online, aplicativos, servidores ou painéis de monitoramento. Essa característica é importante porque possibilita o acompanhamento remoto da umidade do solo, do estado da irrigação e do funcionamento geral do sistema. Assim, o produtor pode verificar se a horta necessita de água mesmo sem estar fisicamente presente no local, tornando o processo de manejo mais prático e compatível com conceitos de agricultura inteligente.

Além da comunicação sem fio, o ESP8266 também possui capacidade de processamento, pinos GPIO e suporte a interfaces de comunicação, o que permite sua utilização como controlador principal em determinados projetos. A Espressif informa que o ESP8266EX integra um processador Tensilica L106 RISC de 32 bits, com frequência máxima de até 160 MHz, além de pilha Wi-Fi e suporte a sistemas em tempo real (ESPRESSIF SYSTEMS, s.d.). Dessa forma, dependendo da complexidade do projeto, o ESP8266 pode substituir ou complementar o Arduino Uno R3, principalmente quando há necessidade de conexão com a internet.

O sensor eletrônico de umidade do solo (Figura 3) é um dispositivo utilizado para estimar a quantidade de água presente no solo por meio de uma grandeza elétrica. Em sistemas de irrigação automatizada, esse sensor fornece a variável principal para a tomada de decisão, pois permite identificar se o solo está seco, úmido ou excessivamente molhado. Existem sensores resistivos, que avaliam a variação da resistência elétrica entre eletrodos, e sensores capacitivos, que estimam a umidade a partir da variação das propriedades dielétricas do solo.



Figura 3. Sensor Capacitivo de Umidade de Solo
(ARDUINO E CIA, s.d.).

Os sensores capacitivos de umidade do solo são bastante utilizados em projetos agrícolas e acadêmicos, pois apresentam maior durabilidade em comparação aos modelos resistivos, uma vez que não dependem da passagem direta de corrente elétrica entre hastes metálicas expostas. Segundo a University of Minnesota Extension, sondas capacitivas medem a permissividade do meio ao avaliar o tempo de carga de um capacitor formado com o solo, permitindo estimar indiretamente o teor de água presente no meio (ZHANG; KUKAL; IRMAK, s.d.).

No contexto da automação de hortaliças, o sensor de umidade do solo possibilita que a irrigação seja realizada conforme a necessidade real da planta, e não apenas em horários fixos. Esse tipo de monitoramento contribui para decisões mais eficientes, pois mede a água disponível na região das raízes e auxilia na definição do momento adequado para irrigar. De acordo com a Oregon State University Extension, o monitoramento da umidade do solo é um componente importante do manejo da irrigação, pois indica a quantidade de água armazenada na zona radicular e apoia decisões mais precisas sobre o uso da água (O'CONNOR et al., 2026).

Os temporizadores eletrônicos para irrigação (Figura 4) são dispositivos utilizados para controlar automaticamente os horários e a duração dos ciclos de irrigação. Eles permitem programar dias da semana, horários de início e tempo de funcionamento de cada setor, sendo comuns em sistemas residenciais, jardins, pequenas hortas e áreas agrícolas de menor complexidade. A principal vantagem desse tipo de equipamento está na simplicidade de operação, pois o usuário configura previamente os períodos de irrigação e o sistema passa a operar de forma automática.



Figura 4. Temporizador de Irrigação (LOBOY, s.d).

Do ponto de vista funcional, o temporizador atua como um controlador baseado em tempo. Ele não mede diretamente a umidade do solo, mas executa a irrigação conforme uma programação definida pelo usuário. Segundo Dukes, Cardenas e Haman (2024), temporizadores de irrigação geralmente permitem configurar diferentes programas, tempos de funcionamento e frequências de irrigação, sendo possível ajustar o tempo de operação conforme a necessidade de cada zona irrigada (DUKES; CARDENAS; HAMAN, 2024).

Apesar de sua utilidade, o temporizador eletrônico apresenta limitações quando comparado a sistemas baseados em sensores. Como a irrigação ocorre em horários fixos, o equipamento pode acionar o sistema mesmo quando o solo ainda apresenta umidade suficiente ou após eventos de chuva, resultando em desperdício de água. Por isso, em sistemas mais eficientes, os temporizadores podem ser associados a sensores de umidade do solo, funcionando como parte de uma estratégia de controle mais inteligente. Segundo a University of Florida IFAS Extension, controladores baseados em sensores de umidade podem impedir irrigações desnecessárias ao bloquear ciclos programados quando o solo apresenta água suficiente (DUKES, 2025).

MATERIAL E MÉTODOS

O sistema de controle da irrigação foi desenvolvido a partir dos elementos Arduino Uno R3 e o módulo NodeMCU ESP8266 como ilustrados na Figura 5, responsáveis por integrar e comunicar os diversos módulos e componentes do protótipo. Ainda mais, como é mostrado, essa conexão entre os diversos elementos desse sistema é alimentada por uma fonte de tensão elétrica de 12V em corrente contínua ligado à rede elétrica. Para fornecer uma tensão ideal para todos os componentes foi utilizado um regulador de tensão para 5V, e assim como um barramento ou um sistema de barramentos, que servem para organizar o fornecimento de energia para os componentes. Além disso, para alimentar a motobomba foi preciso utilizar a tensão elétrica da rede de 220V em corrente alternada.

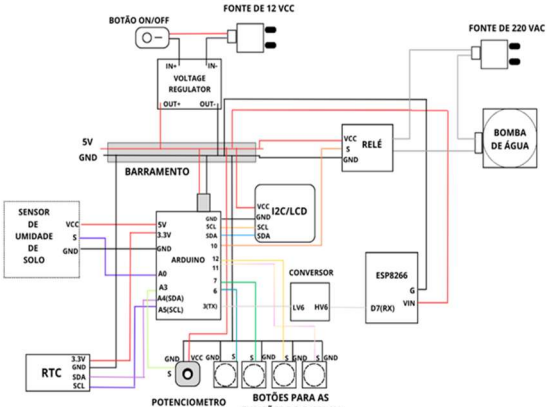


Figura 5. Arquitetura de Circuito do Protótipo (Autoria propria, 2026).

A verificação da umidade de solo para leitura do sistema automático parte do sensor de umidade de solo do tipo capacitivo CS12, conforme Figura 3. Com intuito de isolar os sistemas eletrônicos conectados ao sensor, foi criado com material de PVC para isolar da irrigação do sistema.

A arquitetura conceitual do protótipo foi dividida em dois segmentos: o sistema de controle e sistema de comunicação. Para o sistema de controle, o Arduino Uno é alimentado para controlar o sensor capacitivo de umidade de solo, o módulo RTC, o relé e a motobomba. Esse sistema funciona quando o sensor faz a leitura do estado de umidade do solo e verificada pela correlação entre a umidade e o sinal elétrico determinado através da equação de regressão, que dependendo do valor de umidade calculado, permite que o microcontrolador ligue ou desligue o componente relé, e consequentemente, ative ou desative a bomba de água do reservatório.

Para o sistema de comunicação, o Arduino Uno ainda é presente, já que é o elemento central de

desenvolvimento do protótipo. No entanto, foi utilizado outro microcontrolador denominado Esp8266 através do módulo NodeMCU, componente que é mais compacto e sofisticado que o Arduino Uno R3, e apresenta uma função a mais, a conexão por rede WIFI. Mesmo como uma versão aprimorada, o dispositivo possui um número de pinos digitais, analógicos e um armazenamento menor. Dessa forma, optou-se a utilização das duas placas eletrônicas. A função do NodeMCU Esp8266 é utilizar da sua interconexão para mandar os dados de umidade de solo e a quantidade vezes que o sistema irrigou para um usuário possa identificar os dados de umidade de solo e a quantidade de vezes irrigada. Já os outros componentes, como o display Liquid Crystal Display (LCD), o potenciômetro e os botões são usados para visualização dos diversos dados fisicamente através do display, ou para configurar funções do sistema como data, horário, umidades ideias para irrigar e o tempo de irrigação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A construção do protótipo para o monitoramento automático da horta de coentro foi concluída, conforme demonstrado na Figura 6. O projeto foi elaborado com base no esquema do circuito apresentado na Figura 5, no qual realizou-se uma pequena, mas significativa, modificação: o barramento foi dividido em duas partes. Essa alteração foi realizada para otimizar a distribuição de energia e facilitar a conexão dos componentes.

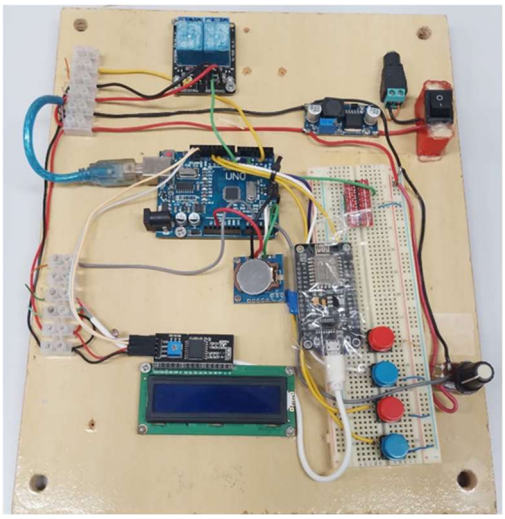


Figura 6. O Protótipo de Monitoramento de Irrigação de Hortaliças (Autoria Própria, 2026).

CONCLUSÃO

Em síntese, o desenvolvimento do sistema eletrônico para automação de hortaliças apresentou-se como uma alternativa viável para auxiliar o manejo da irrigação em pequenas e médias hortas. A integração entre o Arduino Uno R3, o NodeMCU ESP8266, o sensor capacitivo de umidade do solo, o módulo RTC, o relé, a motobomba e a interface LCD permitiram estruturar um protótipo capaz de monitorar a condição hídrica do solo, acionar automaticamente a irrigação e disponibilizar informações ao usuário de forma local e remota. Apesar das limitações inerentes ao protótipo, como a necessidade de calibração adequada do sensor e proteção dos componentes eletrônicos contra umidade, os resultados indicam que a aplicação de tecnologias embarcadas e comunicação sem fio pode tornar o processo de irrigação mais eficiente, acessível e compatível com práticas sustentáveis na agricultura familiar.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. **UNO R3**. Arduino Documentation, [s.d.]. Disponível em: https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3. Acesso em: 24 maio 2026.

ARDUINO E CIA. **Sensor capacitivo de umidade do solo**. Arduino e Cia, [s.d.]. Disponível em: https://www.arduinoecia.com.br. Acesso em: 24 maio 2026.

AUTODESK**. Tinkercad.** Disponível em: https://www.tinkercad.com/dashboard. Acesso em: 27 maio 2026.

COMPONENTS101**. NodeMCU ESP8266.** 22 abr. 2020. Disponível em: https://components101.com/development-boards/nodemcu-esp8266-pinout-features-and-datasheet. Acesso em: 27 maio 2026.

DFROBOT. **Corrosion-resistant capacitive soil moisture sensor for Arduino**. DFRobot Wiki, [s.d.]. Disponível em: https://wiki.dfrobot.com/SEN0193. Acesso em: 24 maio 2026.

DUKES, Michael D. **Smart irrigation controllers: what makes an irrigation controller smart?** Gainesville: University of Florida, IFAS Extension, 2025. Disponível em: https://ask.ifas.ufl.edu/publication/AE442. Acesso em: 24 maio 2026.

DUKES, Michael D.; CARDENAS, Bernard; HAMAN, Dorota Z. **Operation of residential irrigation timers**. Gainesville: University of Florida, IFAS Extension, 2024. Disponível em: https://ask.ifas.ufl.edu/publication/AE220. Acesso em: 24 maio 2026.

ESPRESSIF SYSTEMS. **ESP8266 Wi-Fi SoC**. Espressif Systems, [s.d.]. Disponível em: https://www.espressif.com/en/products/socs/esp8266. Acesso em: 24 maio 2026.

ESPRESSIF SYSTEMS. **ESP8266EX datasheet: version 7.1**. Shanghai: Espressif Systems, 2025. Disponível em: https://documentation.espressif.com/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf. Acesso em: 24 maio 2026.

FAO. **AQUASTAT: water use**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, [s.d.]. Disponível em: https://www.fao.org/aquastat/en/overview/methodology/water-use/. Acesso em: 24 maio 2026.

LOBOY**. Aparelho Timer Temporizador Digital Bivolt Automático Com Visor LCD.** [S. l.]: Amazon Brasil, [s.d.]. Disponível em: https://www.amazon.com.br/Aparelho-Temporizador-Digital-Bivolt-Autom%C3%A1tico/dp/B0C8GN7VBR. Acesso em: 27 maio 2026.

MUÑOZ-CARPENA, Rafael; DUKES, Michael D.; CARDENAS, Bernard. **Automatic irrigation based on soil moisture for vegetable crops**. Gainesville: University of Florida, IFAS Extension, 2024. Disponível em: https://ask.ifas.ufl.edu/publication/AE354. Acesso em: 24 maio 2026.

NEWBIELY. **ESP8266: soil moisture sensor**. Newbiely, [s.d.]. Disponível em: https://newbiely.com/tutorials/esp8266/esp8266-soil-moisture-sensor. Acesso em: 24 maio 2026.

OBAIDEEN, Khaled et al. An overview of smart irrigation systems using IoT. **Energy Nexus**, v. 7, artigo 100124, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100124. Acesso em: 24 maio 2026.

PRAMANIK, Monalisha et al. Automation of soil moisture sensor-based basin irrigation system. **Smart Agricultural Technology**, v. 2, artigo 100032, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.atech.2021.100032. Acesso em: 24 maio 2026.

RAIN BIRD. **SST Series "Simple to Set" Controllers**. Rain Bird, [s.d.]. Disponível em: https://store.rainbird.com/sst-controllers.html. Acesso em: 24 maio 2026.

RAIN BIRD. **ST8I WiFi Smart Irrigation Timer: international**. Rain Bird, [s.d.]. Disponível em: https://www.rainbird.com/products/st8i-wifi-smart-irrigation-timer-international. Acesso em: 24 maio 2026.

SY, J. B.; PANGANIBAN, E. B.; ENDRIS, A. S. A low-cost Arduino-based smart irrigation system. **International Journal of Emerging Trends in Engineering Research**, v. 8, n. 9, p. 5645-5650, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/119892020. Acesso em: 24 maio 2026.

ZAMORA RE, María Isabel; PEPLIN, Todd M.; TOMASEK, Abigail. **Soil moisture monitoring to support irrigation scheduling**. Corvallis: Oregon State University Extension Service, 2026. Disponível em: https://extension.oregonstate.edu/catalog/em-9868-soil-moisture-monitoring-support-irrigation-scheduling. Acesso em: 24 maio 2026.

ZHANG, Xiaomo; FENG, Gary; SUN, Xin. Advanced technologies of soil moisture monitoring in precision agriculture: a review. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 18, artigo 101473, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101473. Acesso em: 24 maio 2026.

ZHANG, Yuzhen; KUKAL, Meetpal S.; IRMAK, Suat. **Soil moisture sensors for irrigation scheduling**. University of Minnesota Extension, [s.d.]. Disponível em: https://extension.umn.edu/irrigation/soil-moisture-sensors-irrigation-scheduling. Acesso em: 24 maio 2026.