

CONCEPÇÃO DE UMA HORTA AUTOMÁTICA COM A PLATAFORMA ARDUINO® PARA BENEFICIAR AGRICULTORES FAMILIARES DE HORTALIÇAS

Fellipe Renny Carlos Maia¹, Matheus Fernandes de Medeiros², Rudson Thalison Mendonça Fernandes³, Erlania Lima de Oliveira⁴, Francisco de Assis de Oliveira⁵

¹Graduando do curso de Engenharia Elétrica pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, Brasil (felliperenny02@gmail.com)

²Graduando do curso de Engenharia Elétrica pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, Brasil

³Graduando do curso de Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, Brasil

⁴Professora Doutora da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, Brasil

⁵Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, Brasil

Resumo: A região semiárida do Brasil apresenta uma das mais baixas produtividades agrícolas, devido tanto às irregularidades das chuvas, o que tem contribuído para o aumento da pobreza e da fome, quanto à utilização do modelo clássico de agricultura de subsistência. No Brasil, há um grande acervo tecnológico que possibilita uma produção de culturas seguras, diminuindo a possibilidade de erros comuns no cuidado das plantações. No entanto, a zona semiárida do Brasil não baseia sua agricultura na irrigação de suas terras, uma vez que as tecnologias de irrigação necessitam de grande investimento. Dessa forma, a agricultura de subsistência praticada na região é quase totalmente dependente da chuva. Diante dessa problemática, este trabalho propõe o uso de sensores de umidade do solo e da placa Arduino® como principal meio para realizar o controle de irrigação em hortas caseiras, voltado para pequenos agricultores familiares. Embora o microcontrolador possa ser aplicado em diversas horticulturas, neste artigo foram utilizadas especificamente três culturas: alface, coentro e rúcula, as quais foram plantadas em uma pequena horta na Universidade Federal Rural do Semiárido. Com este trabalho, concluiu-se que os sistemas de irrigação com microcontroladores podem ser eficazes e não requerem grandes investimentos financeiros, ao contrário dos sistemas convencionais de cultivo. Desse modo, tornando a tecnologia de automação mais acessível na vida das pessoas.

Palavras-chave: Arduino®; Horticultura; Irrigação automação; Baixo custo.

INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade, a sociedade humana utiliza a agricultura para produção de uma vasta quantidade de alimentos, sendo ela uma das grandes responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento econômico e social das civilizações. No entanto, ela depende de fatores naturais como solo fértil e úmido. Neste sentido, com o propósito de aumentar a produção agrícola e de mitigar a dependência da natureza, surgiu a irrigação, que é uma técnica que tem como objetivo o fornecimento artificial de água às plantas para seu desenvolvimento adequado, sendo essencial em climas secos e com escassez de água.

No Brasil, o Agronegócio é uma das principais bases econômicas, devido esse ramo ter como diferencial seu imenso território, grandes reservas hídricas e a diversidade do solo. Além disso, ele possui um enorme acervo tecnológico à disposição dos agricultores que possibilitam uma produção de culturas mais seguras e eficientes, como por exemplo, as técnicas de irrigação, diminuindo a possibilidade de desperdício de água e erros comuns nos cuidados das plantações.

Atualmente, a agricultura brasileira passa pela quarta revolução tecnológica chamada de “agricultura 4.0”. Essa, além de utilizar microcontroladores e sensores para automatizar, monitorar e aumentar a eficiência

dos processos de produção, ela também incorpora novas tecnologias de informação e comunicação, como a internet das coisas, inteligência artificial e outros (MILANEZ et al., 2020).

Ademais, conforme Bonruque et al. (2022) e Coelho et al. (2014), na medida em que há o crescimento mundial da população e sua conscientização alimentar, o consumo de hortaliças é cada vez maior. Nesse contexto, é válido destacar a importância da agricultura familiar brasileira, pois a mesma é responsável pela maior parcela de produção de hortaliças do país, possuindo assim um grande impacto na economia, na sustentabilidade e na geração de empregos. Embora isso, a região semiárida do Brasil possui uma baixa produtividade agrícola, devido as irregularidades das chuvas, o que têm contribuído para o aumento da pobreza e da fome, quanto pela utilização do modelo clássico de agricultura de subsistência (LEVIEN et al., 2021).

De acordo com o Programa de Agricultura Irrigada (2023), apesar do Brasil possuir um enorme potencial para a irrigação, ela é aplicada em menos de 10% da área agrícola (equivalente a cerca de 7 milhões de hectares). Desse modo, é importante questionar a baixa acessibilidade das tecnologias aos pequenos agricultores, pois as técnicas de controle de irrigação citadas anteriormente necessitam de grande investimento, o que faz desenvolver ainda mais uma desigualdade social no Brasil, além disso, a aplicação incorreta da agricultura irrigada, promove baixo crescimento das plantas, desperdício de água, lixiviação de nutrientes e salinização do solo (LEVIEN et al., 2021).

Diante dessa problemática, este trabalho propõe o uso de sensores de umidade do solo capacitivo e do Arduino® como placa principal para realizar o controle de irrigação em hortas caseiras, voltadas para agricultoras familiares com objetivo de fornecer informações e conhecimento básico de como montar um sistema de irrigação automática usando material de baixo custo de modo a manter o solo com umidade suficiente para uma produção adequada de hortaliças.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo desse trabalho foi desenvolvido a partir de revisões bibliográficas e experimentais sobre a prototipagem com a plataforma Arduino® para a automação de sistemas, os tipos de horticultura e quais os meios de irrigação. Em seguida, utilizando essa base teórica, foram determinados o local de estudo, os tipos de hortaliças, o método de distribuição de água, os materiais para a montagem da horta e os componentes eletrônicos responsáveis por automatizar a irrigação. O esquema sequencial do funcionamento do protótipo é mostrado na Figura 1.

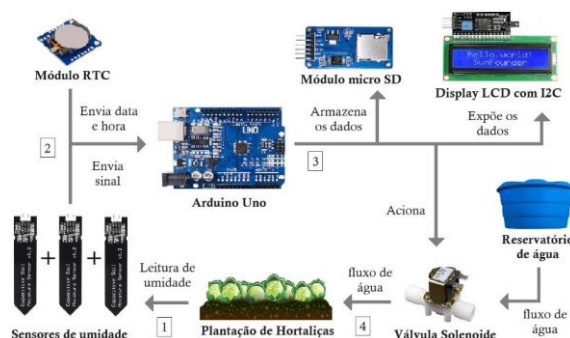


Figura 1. Arquitetura geral do Sistema de Irrigação automática. (Autoria própria)

A construção da horta foi realizada na região Nordeste do Brasil, mais especificadamente, no Campus Oeste da Ufersa (Universidade Federal Rural do Semiárido), em Mossoró-RN cujas coordenadas geográficas do sistema, são: latitude: 5° 12' 3'' S; longitude: 37° 19' 36,2'' W e altitude: 11 m acima do nível do mar. Somado a isso, a cidade possui clima do tipo quente e semiárido com temperaturas médias anuais de máxima 36,0 °C, média 27,4 °C e mínima 21,0 °C, além da umidade relativa média anual ser de 70% e contar com 2.700 horas de insolação anual (IDEMA-RN, 2023).

Em relação a precipitação pluviométrica mensal, conforme Sobrinho et al. (2011), há bastante variação em dois intervalos no ano, sendo fevereiro, março e abril o período mais chuvoso, com totais mensais médios oscilando entre 102,8 mm e 167,9 mm, enquanto o intervalo mais seco, período de realização dos experimentos da plantação, abrange os meses de setembro, outubro e novembro com médias mensais variando entre 1,9 mm e 4,9 mm.

Após a definição do local, foi escolhido para o projeto em estudo a irrigação localizada por gotejamento, pois, como a área de plantio é pequena, a irrigação por aspersão iria causar maior desperdício de água, além de provocar uma menor homogeneidade da umidade do solo, e como ambos são os mais recomendados para hortaliças, possuem baixo custo e fácil controle para as dimensões da horta, esses requisitos não foram tão observados quanto a eficiência. Além disso, selecionou três espécies de culturas: *Coriandrum sativum* (Coentro verdão), *Lactuca sativa* (Alface) e *Eruca Sativa* (Rúcula) (CLEMENTE, 2015). Com base nessas escolhas e os materiais disponíveis na Ufersa foi construído um esquema de como a horta seria realizada, Figura 2.

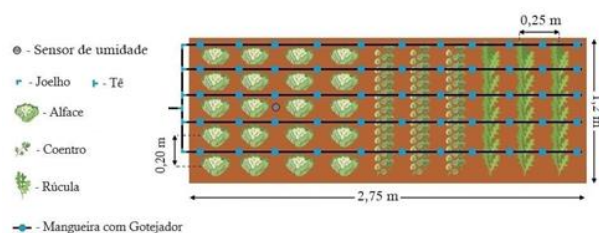


Figura 2. Esquema da horta com o sistema de irrigação. (Autoria própria)

A horta foi executada em uma região aberta, onde, primeiramente, descompactou-se o solo, a fim de melhorar a infiltração de água na área delimitada de 2,75 metros de comprimento por 1,2 metro de largura. Posteriormente, para distribuir a água da torneira foi instalado a estrutura de irrigação, composta por: 18 metros de mangueira de polietileno preta de $\frac{1}{2}$ polegada, sendo uma inicialmente interligada a válvula solenoide e adiante ramificada por 3 T's e 2 joelhos para a formação de 5 ramos, esses possuindo 11 gotejadores ajustáveis em cada. Por fim, após a instalação do sistema automático presente na seção posterior, conforme Botelho (2020) no mesmo dia, plantou-se 20 mudas de alface com 20cm entre plantas e 25cm entre linhas de plantios, além de três linhas de coentro e três de rúcula como pode ser observado a execução dos passos na Figura 3.



Figura 3. Plantando as mudas de alface, coentro e rúcula. (Autoria própria)

O funcionamento do hardware, inicia-se pelo sensor de umidade instalado na horta, o qual por meio de fios condutores, transmite a variação de umidade da terra em forma de sinal analógico (valores entre 0 e 1023) para o Arduino® Uno R3 denotados pela Figura 4.

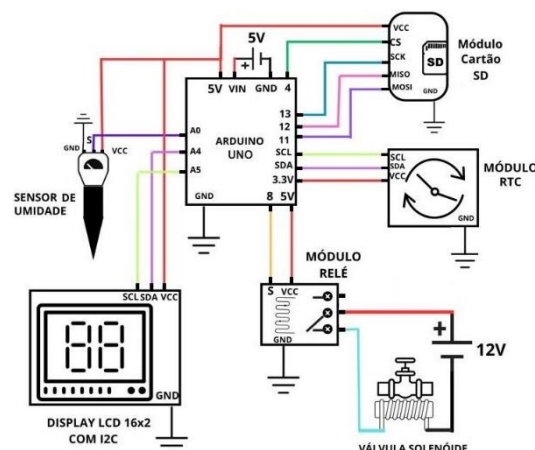


Figura 4. Esquema de conexões do hardware. (Autoria própria)

Este por sua vez, foi colocado dentro de um recipiente plástico para a sua proteção contra intempéries, a exemplo da água. No mesmo recipiente, também ficaram os demais componentes eletrônicos mais frágeis, como o módulo SD, que recebe da central de controle e armazena, os dados do sensor, a data e hora do RTC e a informação do estado da irrigação, que em caso de ligado é 1 e desligado 0, em adição, há o display Liquid Crystal Display (LCD), onde é visualizado os valores mencionados anteriormente em instante real para fins de análises imediata. Por fim, existe o módulo relé, o qual a partir de um sinal digital fecha ou abre o circuito da válvula solenoide de forma segura, isolada e automática.

Como o protótipo foi escolhido para atender uma horta de proporção e método de irrigação citados anteriormente, não houve a necessidade de um motor para executar o bombeamento. Pois, a própria força da água encanada exercia a pressão necessária para o funcionamento do sistema, assim foi optado por utilizar apenas uma válvula solenoide, tendo uma extremidade acoplada no registro e outra no sistema de irrigação. Ademais, a mesma liga e desliga a passagem do fluxo de água, isso, conforme o estado do relé (fechado/aberto) comandado pela lógica do Arduino®.

A mudança de estado do relé e consequentemente da válvula, somente será alterado para ligado, quando dentro do intervalo de hora, o microcontrolador interpretar que o sinal recebido do sensor significa que o solo está com necessidade de água, da mesma maneira para desligar, a qual só ocorre em caso de solo úmido. Para isso, primeiramente, os valores de limite inferior (excesso hídrico) e superior (déficit hídrico), como também a hora de atividade são preestabelecidas na programação da placa central

através do software Arduino® IDE de acordo com a cultura.

Neste estudo, foram utilizados, respectivamente, os limites de 290 (indicando excesso hídrico) e 320 (indicando déficit hídrico). Ambos os valores são dados analógicos definidos a partir do método gravimétrico, que consiste na secagem de uma amostra de solo na estufa, pesagem de sua massa seca e acréscimo de 5% em 5% com massa de água. Em seguida, com os sinais detectados pelo sensor, conforme o aumento da umidade, foi observado que o sinal varia de maneira inversa, ou seja, quanto maior o número, menor é a quantidade de água no solo. Além disso, identificou-se uma margem de erro que resulta na determinação dessa faixa de valores. Assim, os números entre 290 e 320 são interpretados como níveis de umidade adequados, enquanto os valores nos extremos indicam excesso e déficit de água. Em adição, devido ao fato das plantas apresentarem menor absorção de água nos períodos de baixa incidência solar, o intervalo de atividade foi previsto das 6h às 18h, alinhado com o período solar da região, de modo a não disponibilizar água durante os horários mais frios, o que reduz a probabilidade de desenvolvimento de fungos.

Por fim, é válido salientar, que foi usado apenas um sensor de umidade capacitivo, no entanto sua quantidade varia dependendo do tamanho da área a ser irrigada, e isso pode ser solucionado adicionando o sinal de leitura extra a uma média aritmética com as umidades coletadas por toda extensão da horta. Além disso, o mesmo para não haver danos no funcionamento, teve sua seção eletrônica isolada com cola quente, um cano e um tampão de PVC, assim, tanto permitindo apenas o contato da sonda com a umidade do solo quanto a fixação em uma região mais próxima das raízes, Figura 5.



Figura 5. Parte eletrônica do sensor capacitivo isolada. (Autoria própria)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após planejar o funcionamento teórico e a construção do protótipo, foi realizada sua instalação na horta para o experimento prático, Figura 6.

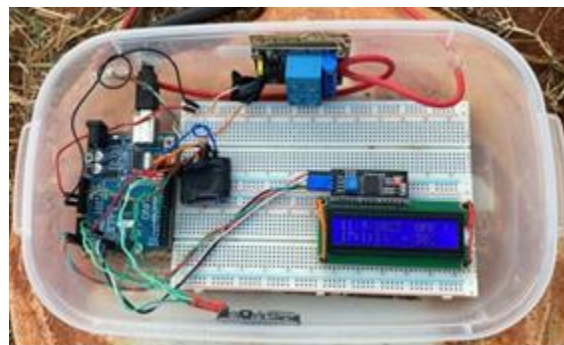


Figura 6. Protótipo final instalado na horta. (Autoria própria)

Durante a primeira semana de estudo, enfrentou-se o primeiro desafio: infiltração de água na isolamento do sensor. Para contornar isso, o sensor capacitivo foi exposto ao sol por um período de 24 horas para secar e, em seguida, foi isolado novamente, adicionando-se uma nova camada de cola quente. Adiante, o segundo desafio ocorreu quando a pilha do módulo RTC desconectou devido às trepidações causadas pelo vento, em contrapartida, utilizou-se de uma fita isolante preta para mitigar tal feito. Desse modo, após essas medidas, os problemas não ocorreram novamente.

No mais, constatou-se que os demais materiais usados não sofreram danos. Nesse aspecto, a vasilha de plástico que abrigava os componentes eletrônicos desempenhou um papel crucial, fornecendo uma proteção eficaz contra as intempéries. Já o display LCD também desempenhou um papel significativo em virtude da sua capacidade de exibir informações de forma clara e imediata, o que possibilita tanto uma rápida percepção de problemas, como no caso do sensor capacitivo, quanto uma breve análise das condições da horta e do protótipo.

Ademais, é digno de nota que, ao longo do estudo, não houve danos no armazenamento dos dados e que todos os registros foram mantidos íntegros, e nenhum deles foi corrompido. Ou seja, a válvula solenoide foi acionada quando a umidade excedeu o limite superior (320) e desativada quando atingiu o limite inferior (290).

Ainda mais, conforme o mercado local e na loja virtual da Smart Kits (2023), o custo atual do protótipo montado é de aproximadamente R\$ 320,00. Isso reflete a ideia de um projeto de baixo custo, tornando-o acessível para os produtores familiares que possuem orçamentos limitados e não podem

investir em sistemas mais caros disponíveis no mercado.

No que diz respeito ao desenvolvimento das plantas, observou-se um certo crescimento durante (Fig. 7A) e depois os 30 dias (Fig. 7B). No entanto, embora o coentro, a alface e a rúcula tenham sido plantadas no mesmo dia e submetidas a condições de umidade semelhantes. Destaca-se que o coentro apresentou um crescimento abaixo em relação à alface e a rúcula. Além disso, foi enfrentada uma dificuldade na irrigação devido ao entupimento e desregulagem dos gotejadores durante o experimento. Com base nessas observações, sugere-se que, em testes futuros, que os cultivos de coentro, alface e rúcula sejam mantidos separados para uma melhor análise e controle das condições, como também a utilização de outros gotejadores presentes no mercado.



Figura 7. Desenvolvimento das hortaliças após 15 dias (A) e após 30 dias de plantação (B). (Autoria própria)

CONCLUSÃO

Em síntese, este estudo evidenciou o potencial do Arduino® Uno como uma ferramenta versátil, permitindo a concepção de um sistema de irrigação automático acessível. Com um investimento inicial modesto de R\$ 320,00, foi possível desenvolver um

protótipo funcional que se mostra prontamente aplicável aos agricultores familiares. Além da tendência de ampliar a produtividade, a implementação desse projeto oferece a oportunidade de introduzir uma tecnologia de automação, o que minimiza o esforço físico desses trabalhadores e contribui para sua saúde e bem-estar.

Espera-se que este trabalho inspire outros a explorar as possibilidades da automação e a contribuir para o avanço da agricultura familiar, bem como de outras áreas em que a criatividade e a inovação podem proporcionar benefícios significativos.

Para o desenvolvimento de futuros projetos, foram identificados alguns aspectos sujeitos de aprimoramento. Um desses aspectos abrange a adição de um sensor de vazão na saída da válvula, assim fornecendo para uma melhor análise o consumo de água do sistema. Além disso, o armazenamento dos dados de acionamento e leitura dos sensores podem ser direcionados para um aplicativo ou uma página web, assim possibilitando que os usuários acompanhem em qualquer lugar, a quantidade de acionamentos realizados, o consumo de água, o tempo médio de irrigação e nível de umidade do solo. Cabe outra perspectiva de melhoria, a qual compreende a integração tanto de um pequeno painel fotovoltaico quanto de uma bateria recarregável para promover uma autonomia ao sistema. Desse modo, o projeto continua desempenhando sua função tanto em momentos que a rede elétrica não fornece energia, quanto a noite, a qual o painel solar não dispõe uma alimentação adequada ao sistema.

REFERÊNCIAS

BONRUQUE, Erick; CELARINO, André; SOUZA, Odair Moreira de. Horta Automatizada de baixo custo com esp8266 para Auxiliar os Produtores Familiares. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE SOFTWARE LIVRE E TECNOLOGIAS ABERTAS (LATINOWARE), 19., 2022, Evento Híbrido. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2022. p. 161-164.

BOTELHO, S. M. et al. Alface e outras folhosas (jambu, coentro, salsa, cebolinha, couve, rúcula, chicorinha). In: BRASIL, E. C. et al (Ed.). Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p.297-299.

CLEMENTE, F. M. V. T. (ed.). Produção de hortaliças para agricultura familiar. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015.108 p.



COELHO, E. F. et al. Sistemas e manejo de irrigação de baixo custo para agricultura familiar. 1. ed. Cruz das almas, BA: Embrapa. Mandioca e Fruticultura, 2014.47p.

IDEMA-RN. Perfil do seu Município - Mossoró. Natal, Rio Grande do Norte, 2008. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC00000000013950.PDF>. Acesso em: 12 set. 2023.

LEVIEN, S. L. A. et al. Panorama da atual área de agricultura irrigada no Brasil. Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2021. 153 p.

MILANEZ, Artur Yabe et al. Conectividade rural: situação atual e alternativas para superação da principal barreira à agricultura 4.0 no Brasil. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, v. 26, n. 52, p. 7-43, set. 2020.

PROGRAMA Agricultura Irrigada. SENAR. 2023. Disponível em: <https://cnabrazil.org.br/projetos-e-programas/agricultura-irrigada>. Acesso em: 19 set. 2023.

SMART KITS. Kits inteligentes. 2023. Disponível em: <https://www.smartkits.com.br/>. Acesso em: 1 out. 2023.

SOBRINHO, J. E. et al. Climatologia da precipitação no município de Mossoró - RN. Período: 1900- 2010. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2011, Centro de Turismo de Guarapari. Anais [...]. SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES: SESC, 2011.