

ANÁLISE DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA DE BAIXO CUSTO

RODRIGO BARBOSA LIMA¹, JUANY RIBEIRO SOARES DE ARAÚJO², BRENNER RICHARD SILVA SOARES³ e FÁBIO LUÍS FIGUEIREDO FERNANDES⁴.

¹ Me. em Engenharia Civil, Coordenador no Centro Universitário de Itajubá FEPI, Itajubá-MG, rodrigo@fepi.br;

² Estudante de Engenharia Civil, Centro Universitário de Itajubá FEPI, Itajubá-MG, juanyaraujo49@gmail.com;

³ Engenheiro Civil, Centro Universitário de Itajubá FEPI, Itajubá-MG, richardbrenner07@gmail.com;

⁴ Me. em Física, Professor no Centro Universitário de Itajubá FEPI, Itajubá-MG, fabiofepi@yahoo.com.br.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
6 a 9 de outubro de 2025

RESUMO: É comum em pequenas cidades e áreas menos urbanizadas a implantação doméstica de pequenas hortas, em que são cultivados diferentes tipos de hortaliças. O que se percebe é que a maioria realiza a rega dos cultivos de forma apenas intuitiva, sem nenhum parâmetro controlável. Assim, este estudo visa analisar um sistema de irrigação automatizado, para aumentar a eficiência e a economia na utilização de água no cultivo das hortaliças, mais especificamente da alface. Para isto, foi desenvolvido um protótipo utilizando um sistema Arduino, com uma programação específica utilizando sensores de umidade para que houvesse irrigação de acordo com a umidade no solo, considerando-se no mínimo 75% de umidade no solo. Esse sistema foi então comparado com o sistema manual de irrigação. Ao final do estudo pôde verificar-se que o sistema automatizado forneceu grande economia, não demandando a necessidade de presença humana para que a hortaliça se mantivesse saudável. Enquanto o protótipo gastou menor quantidade de água para a manutenção do cultivo, o sistema manual demandou um consumo maior, por não possuir um limite específico. Assim, obteve-se dados que comprovam que o sistema de irrigação automatizado é mais econômico e eficiente.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema automatizado; Irrigação; Cultivo.

ANALYSIS OF A LOW-COST AUTOMATED IRRIGATION SYSTEM

ABSTRACT: It is common in small towns and less urbanized areas to have small vegetable gardens at home, where different types of vegetables are grown. What is clear is that most people irrigate their crops intuitively, without any controllable parameters. Thus, this study aims to analyze an automated irrigation system to increase efficiency and save water use in vegetable cultivation, more specifically lettuce. To this end, a prototype was developed using an Arduino system, with specific programming using moisture sensors so that irrigation would occur according to soil moisture, considering at least 75% soil moisture. This system was then compared with the manual irrigation system. At the end of the study, it was possible to verify that the automated system provided significant savings, not requiring the presence of a human being to keep the vegetables healthy. While the prototype used less water to maintain the crop, the manual system required greater consumption, as it did not have a specific limit. Thus, data was obtained that proves that the automated irrigation system is more economical and efficient.

KEYWORDS: Automated System; Irrigation; Cultivation.

INTRODUÇÃO

A tecnologia está presente em todas as áreas do conhecimento, inclusive no setor agrícola. Com o objetivo de adquirir um melhor resultado em suas lavouras, de forma mais econômica e eficiente, a implantação de novas formas de cultivo se torna algo necessário. Uma dessas formas se

baseia em sistemas automáticos, sejam de irrigação ou de monitoramento. Embora ainda incipiente no Brasil, as grandes lavouras já utilizam de regadores automatizados, drones para pulverização e sensores para monitoramento da lavoura (CASTRO, 2003).

Com todos esses avanços em grandes lavouras, surge a possibilidade de implantação do sistema automatizado pelo pequeno produtor, buscando sistemas de baixo custo a fim de melhorar sua produção e reduzir os consumos de água.

No cultivo domiciliar não se tem, comumente, a utilização de tecnologia. Entretanto um sistema de irrigação automatizado auxiliaria na produção e qualidade de um cultivo, controlando adequadamente a deposição da água e da fertilização no solo. Contudo, pela falta de conhecimento de tecnologia e os custos, tem-se a utilização de técnicas manuais de irrigação, tendo assim uma limitação de execução, maiores custos e falta de controle do solo (ALVARENGA *et al.*, 2014).

De acordo com Fiorini *et al.* (2005), para que se tenha um bom desenvolvimento das hortaliças, deve-se ter um solo sempre úmido em toda a extensão da raiz da planta. Ao mesmo tempo, não se pode ter uma irrigação exagerada, já que todos os nutrientes do solo serão retirados, prejudicando assim o desenvolvimento da lavoura. O solo considerado ideal para o plantio é do tipo areno-argiloso, de acidez fraca, boa drenagem e boa fertilidade.

Este trabalho objetivou analisar um sistema de baixo custo para irrigação automática e monitoramento da umidade do solo, baseado em Arduino. Por meio de levantamento e análise de dados estatísticos, buscou-se as vantagens e desvantagens de um sistema automatizado, testando a eficácia do sistema, verificando se ele traria melhorias significativas no consumo de água e no desenvolvimento das hortaliças e, por fim, comparando-o ao sistema convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, devido à sua aplicação prática, e de abordagem quantitativa, sendo uma pesquisa experimental que consiste na determinação de um objeto de estudo, análise de variáveis que poderiam causar influência, bem como a definição de quais os efeitos variáveis no objeto, conforme Gil (2007).

Para este estudo, considerou-se a irrigação de duas mudas de alface, de forma a comparar a irrigação pelo processo automatizado e o processo utilizado de forma manual. A irrigação foi feita de duas maneiras: uma das mudas foi irrigada com água de forma manual pelo produtor, de acordo com sua avaliação subjetiva da necessidade do solo; na outra muda, fez-se a irrigação de forma automatizada, quando detectado que a umidade do solo fosse inferior a 75% da umidade total, assim sendo depositada uma quantidade de água para que se mantivesse acima da porcentagem estipulada.

Foi realizado um estudo longitudinal para análise da umidade do solo entre os períodos de setembro/22 a novembro/22, coletando-se os dados diariamente. A figura 1 exibe as mudas de hortaliças em sua fase inicial, utilizadas para o comparativo. Foi considerado o cultivo de alface crespa, a qual, segundo Duarte (1991), demanda umidade ideal para seu desenvolvimento de 75% de umidade do solo, e temperatura ambiente entre 15° e 23° C.

Figura 1 – Hortaliças no início do cultivo dia 1



Fonte: Autoria própria

A muda 1 utiliza o sistema automatizado, incluindo a ligação da mangueira no reservatório e o sensor de umidade, que faz o controle da umidade e o momento de deposição de água. Já a muda 2 utiliza o sistema manual, estando ligada ao sensor de umidade do solo apenas para coleta dos valores de umidade diária.

Para o cálculo amostral foi utilizado o programa G Power @ 31.9.2, considerando o teste T de Student independente e unilateral, com significância de 0,05 (5%), poder de teste de 80% e effect size médio, obtendo a quantidade amostral de 44 dados, sendo 22 dias de dados obtidos de cada sistema. O software MINITAB® versão 16 foi utilizado para realização do Teste T de Student independente e unilateral, o qual segundo Gomes (2009) serve para comparação de médias entre dois grupos. Também foi utilizado este software para verificação dos pré-requisitos, sendo realizado o diagrama de caixa, teste de normalidade e teste de variância dos grupos. O software Microsoft Excel® versão 365 foi utilizado para tabulação de dados, assim como geração de tabelas e gráficos.

O software utilizado na automatização do protótipo foi o BLYNK IoT, o qual realizou a leitura dos sensores de umidade do solo e procedeu o tempo de irrigação. O projeto possui um sistema embarcado, controlado por um módulo ESP8266 NodeMCU, que é um Arduino que utiliza um Microcontrolador ATmega328, tensão de entrada de 7 a 12V (limite de 6 a 20V), com tensão de operação de 5V, 14 pinos de E/S digitais (sendo 6 saídas PWM), 6 pinos com entrada analógica, corrente contínua por pino de E/S de 5V e 50 mA de corrente contínua para o pino de 3,3V, velocidade de clock de 16MHz. Este módulo foi conectado aos 2 sensores capacitivos de umidade do solo e um sensor de umidade e temperatura DHT111, e a um módulo com 2 relés que fez individualmente o acionamento de 2 bombas.

O sensor capacitivo de umidade de solo é do modelo CS12 com interface analógica, tensão de operação de 5,5V de corrente contínua e corrente de operação de 5 mA. O sensor DHT111 possui alimentação de 3 a 5V corrente contínua (limite de 5,5V) com faixa de medição de umidade entre 20% e 95% de umidade relativa (UR), faixa de temperatura entre 0°C a 50°C, precisão de umidade de $\pm 5,0\%UR$, precisão de medição de temperatura de $\pm 2^\circ C$.

O módulo NodeMCU realizou o controle de todo o sistema, assim como realizou o upload em tempo real dos dados coletados – umidade do solo de cada muda, temperatura e umidade do ar, e momento de ativação de cada relé, a fim de estipular quantas vezes ocorreu a irrigação.

Para a confecção do protótipo utilizou-se os seguintes materiais: 1 sensor de temperatura, 1 módulo relé 3 canais Optacopiados, 1 sensor capacitivo de umidade, 1 módulo conversor analógico, 1 minibomba de água, 1 módulo node, 2 mudas de alface, 2 potes de planta de 50cm, 1 mini galão 1 litro, 1 mangueira 7,45mm, 5kg de terra para planta, totalizando um custo de R\$ 309,78 (valores referentes a agosto de 2022).

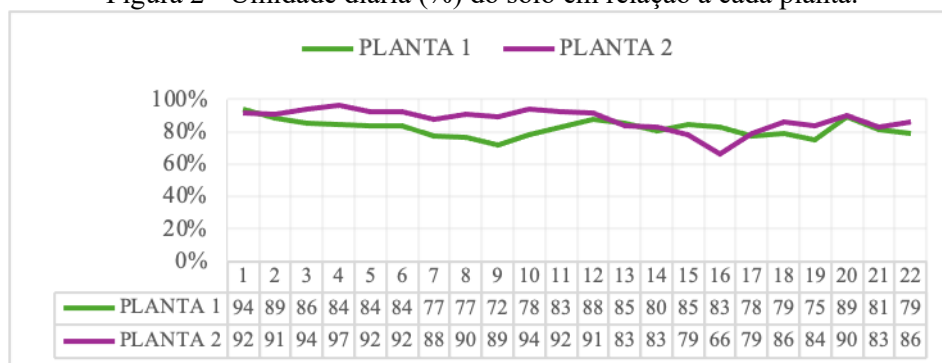
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de dados foi desenvolvida considerando o período de 22 dias sequenciais, sendo analisados a umidade relativa do solo do sistema automatizado e o consumo de água.

Em relação ao consumo de água, este pôde ser mensurado da seguinte forma. Para a muda 1, com o sistema automatizado, colocou-se 2 litros de água no reservatório, tendo sobrado ao final do experimento 250 ml – ou seja, o sistema automatizado consumiu 1.750 ml de água. Na muda 2 utilizou-se 2.700 ml de água, adicionada de forma manual diretamente no solo.

Obteve-se, ainda, pelo sistema de sensor e Arduino, a média de umidade diária, sendo possível verificar as variações dos dias. Com os dados obtidos nessa coleta, pôde-se elaborar o gráfico apresentado na figura 2, demonstrando o valor diário da umidade do solo, durante os 22 dias, para cada uma das plantas.

Figura 2 - Umidade diária (%) do solo em relação a cada planta.



Fonte: De autoria própria

Analisando a figura 2, verifica-se que a muda 1 obteve uma variação de umidade do solo entre 77% e 94% de umidade, já excluindo o dia 9 em que a umidade ficou 3% abaixo do esperado. Já na muda 2 a variação ocorreu em uma faixa superior, entre 79% e 97% de umidade, excluindo o valor observado no dia 16 (66%) devido à falta de rega ocorrida nesse dia – o que demonstra a necessidade de disciplina pela pessoa que aplica a rega, o que não aconteceria no sistema automatizado. Contudo, é preciso notar que o sistema automatizado também é passível de erros, já que no dia 9 o sistema automático não atingiu a umidade determinada. Possíveis falhas podem ocorrer no sistema, sendo necessário um monitoramento periódico.

Para realização do comparativo de médias de umidade, foi realizado o diagrama de caixa retirando um valor que se encontrava muito fora do padrão (podendo ser considerado erro de dados devido à falta de rega neste dia). Também foi realizado o teste de normalidade de Ryan Joiner, obtendo o valor $p > 0,05$ e verificando que a amostra provém de uma população com distribuição normal. Em seguida, o teste F analisando as variâncias dos dois grupos, determinou $p > 0,05$, mostrando que as amostras podem ser consideradas homocedásticas e, desta forma, os dados foram considerados paramétricos. Pôde-se, por fim, realizar o teste T de Student independente e unilateral, cujo os resultados são mostrados na tabela 2.

Tabela 2 – Resultados do teste T de Student Independente e unilateral

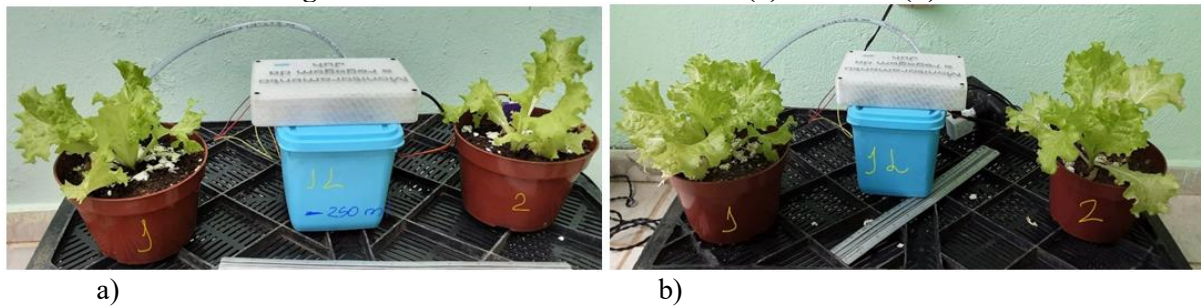
	N	Média	Desvio Padrão	IC(95%) para diferença	Valor p
PLANTA 1	22	82,21	5,21	2,94 a 9,30	<0,0001
PLANTA 2	21	88,33	5,11		

Fonte: De autoria própria

Conforme mostrado na tabela 2, a planta 2 possui uma média de umidade relativa do solo significativamente maior do que a média de umidade relativa do solo na planta 1, de 6,12%. Segundo o intervalo de confiança (IC), a diferença mínima esperada é de 2,94% e máxima de 9,30% entre as médias de umidade relativa do solo.

Foi possível observar também que com o passar dos dias as hortaliças foram se desenvolvendo. A planta 1 teve um maior desenvolvimento (se mantendo mais cheia), já a planta 2 teve um crescimento das folhas, mas não ficou cheia. Distingue-se de acordo com a Figura 3a (12 dias) e Figura 3b (22 dias).

Figura 3: Foto das alfaces em 12 dias (a) e 22 dias (b)



Fonte: De autoria própria

Por meio da análise executada, se observa um benefício com a automatização, pelos fatores de praticidade e economia de água, além de se verificar visualmente folhas mais cheias na planta 1. A planta 1 desenvolveu-se melhor uma vez que não havia excesso de umidade no solo, o que possibilitou um melhor aproveitamento dos nutrientes do solo. Assim, com o sistema automatizado uma casa pode se tornar mais sustentável com suas pequenas hortas de fácil cuidado, pois a planta receberá a quantidade suficiente de água para seu desenvolvimento.

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o sistema automatizado desenvolvido fornece uma grande praticidade, proporcionando um melhor aproveitamento de tempo por parte do cultivador, que não necessitará se preocupar com a manutenção da hortalça, diminuindo sobremaneira a necessidade de presença humana para que esta se mantenha saudável.

Conclui-se também que no sistema automatizado se obteve um melhor aproveitamento da água, não havendo sobra e nem falta de água, resultando num melhor desenvolvimento da planta. Enquanto o protótipo gastou menor quantidade de água para a manutenção do cultivo, de apenas 1,75 litros, o sistema manual apresentou um consumo maior, de 2,70 litros de água, valor este 154% acima, que não trouxe benefícios no desenvolvimento da hortalça.

Com base nos dados coletados, a análise foi bem-sucedida, resultando na viabilidade do sistema de irrigação automatizado. Este pode ser amplamente colocado em prática, colaborando não somente para cultivadores em âmbito familiar, mas também para o produções em larga escala, possibilitando economia e racionalização da água, além de exigir menor quantidade de mão de obra para este fim.

REFERÊNCIAS

- Alvarenga, A. C.; Ferreira, V. H.; Fortes, M. Z. Energia solar fotovoltaica: uma aplicação na irrigação da agricultura familiar. Sinergia, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 311-318. 2014.
- Castro, N. Apostila de irrigação. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. Apostila.
- Duarte, R.L.R.; Setubal, J.W.; Andrade Junior, A.S. de; Athaide Sobrinho, C.; SILVA, P.H.S. da & RIBEIRO, V.Q. Introdução e avaliação de cultivares de alface nos períodos seco e chuvoso em Teresina-PI. EMBRAPA/UEPAE Teresina, 1991.
- Fiorini, C. V. A.; Gomes, L. A. A.; Maluf, W. R.; Fiorini, I. V. A.; Duarte, R. P. F.; Licursi, V. Avaliação de populações F2 de alface quanto à resistência aos nematoides das galhas e tolerância ao florescimento precoce. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 23, n. 2, p. 299-302, abr./jun. 2005
- Gil, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- Gomes, F. P. Curso de estatística experimental. 15ª ed. FEALQ – SP: Editora da Universidade de São Paulo, 2009. p. 477.