

ASSOCIAÇÃO RANIERI DE EDUCAÇÃO E CULTURA
FACULDADES INTEGRADAS DE BAURU – FIB
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

GUILHERME SIERRA DE FREITAS

**DIFERENTES MANEJOS DE IRRIGAÇÃO COMPARADO AO AUTOMATIZADO
COM ARDUINO NA CULTURA DA ALFACE**

BAURU – SP
2022

GUILHERME SIERRA DE FREITAS

**DIFERENTES MANEJO DE IRRIGAÇÃO COMPARADO AO AUTOMATIZADO
COM ARDUINO NA CULTURA DA ALFACE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia como requisito para obtenção do título de bacharel em Agronomia das Faculdades Integradas de Bauru – FIB.

Orientador: Prof. Dr. Edilson Ramos Gomes

BAURU – SP
2022

Diferentes manejos de irrigação comparado ao automatizado com Arduino na cultura da alface

Guilherme Sierra de Freitas¹; Edilson Ramos Gomes²

¹Aluno do Curso de Agronomia das Faculdades Integradas de Bauru: guisierra43@gmail.com

² Professor das Faculdades Integradas de Bauru.

RESUMO

A automação da irrigação na agricultura, apesar de visto como algo futurístico, já é uma realidade em lavouras que visam grandes produtividades associadas a preservação do solo e da água. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema de irrigação automático, utilizando-se plataformas de prototipagem de baixo custo e, especificamente, analisar a aplicabilidade desse sistema no manejo de irrigação, afim de otimizar o uso da água e gerar ganhos produtivos na alface. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, constituindo de 3 tratamentos dispostos em delineamento inteiramente casualizado: Tratamento um (T1) com um controlador tipo *timer* simulando uma irrigação convencional, onde o produtor irriga dia sim e dia não por 15 minutos; tratamento dois (T2) uma irrigação manual atendendo 100% da necessidade hídrica da cultura (controle) e o tratamento três (T3) uma irrigação automatizada com sensor de umidade de solo e microcontrolador Arduino. Os parâmetros analisados em duas épocas, 32 dias e 50 dias após transplântio, foram: altura da planta (AP), diâmetro da planta (DP) e do caule (DC), massa fresca total (MT), massa fresca folhas (MF), massa fresca raiz (MR) e número de folhas (NF). O microprocessador Arduino se mostrou uma ótima ferramenta para aplicação no manejo de irrigação na cultura da alface, além de melhores resultado nos aspectos biométrico, produção e redução no desperdício de água.

Palavras-chave: Manejo automatizado. *Lactuca sativa* L. umidade do solo.

Different management of irrigation compared to automated irrigation with Arduino in lettuce growing.

ABSTRACT

The automation of irrigation in agriculture, although seen as something futuristic, is already a reality in crops that aim for high productivity associated with soil and water preservation. The objective of this work was to develop an automatic irrigation system, using low cost prototyping platforms and, specifically, to analyze the applicability of this system in irrigation management, in order to optimize the use of water and generate productive gains in lettuce. The experiment was conducted in a protected environment, consisting of three treatments arranged in an entirely randomized design: treatment one (T1) with a timer controller simulating conventional irrigation, where the producer irrigates every other day for 15 minutes; treatment two (T2) a manual irrigation meeting 100% of the crop water requirement (control) and treatment three (T3) an automated irrigation with soil moisture sensor and Arduino microcontroller. The parameters analyzed in two periods, 32 days and 50 days after transplanting, were: plant height (PA), plant diameter (PD) and stem diameter (CD), total fresh mass (TM), leaf fresh mass (MF), root fresh mass (RM) and number of leaves (NF). The Arduino microprocessor proved to be an excellent tool for application in the irrigation management of lettuce culture, besides better results in biometric aspects, production and reduction in water waste.

Keywords: automated management. *Lactuca sativa* L. soil moisture.

INTRODUÇÃO

A *Lactuca sativa* L. é a hortaliça do segmento de folhosas mais consumida no Brasil, representando 50% de toda a produção e comercialização nacional deste segmento. Sua produção é de cerca de 1,5 milhões de toneladas por ano (EXAME, 2021). A representatividade da produção da alface está associada a disponibilidade de variedades tanto diante das preferências e modos de consumo, desta hortaliça, pela população. Elementos como diversidade de tipos de crocância, novas texturas, dimensões e sabores apareceram objetivando o atendimento aos novos hábitos do

consumidor (EXAME, 2021). Silveira (2016) afirma que o incremento de inovações tecnológicas na produção de alface, associadas ao cultivo em ambiente protegido, tratos culturais e cultivares de alta produtividade, incentivou a ampliação da produção dessa hortaliça.

A irrigação é uma técnica milenar que tem como finalidade disponibilizar água às plantas para que estas possam produzir de forma adequada. Nos dias de hoje a técnica foi aprimorada para sistemas pontuais, onde a água é gotejada no momento, local e quantidade correta ao desenvolvimento das plantas (BRAGA et al., 2010). Diante disso, o conhecimento da demanda hídrica das culturas é de fundamental importância tanto para o projeto quanto manejo da irrigação, determinando a lâmina de irrigação a ser aplicada de acordo com o clima e as características da cultura (SILVA et al., 2017).

O manejo deve ser feito visando a fornecer água às plantas em quantidade suficiente para prevenir o estresse hídrico, favorecendo incremento de produtividade e qualidade da produção, e minimizar o desperdício de água, a lixiviação de nutrientes e a degradação do meio ambiente (MAROUELLI et al., 2011).

Apesar da automação da irrigação já ser uma realidade na agricultura, o maior ônus é seu alto custo inicial para adquirir, instalar e manejar, com a necessidade de possuir conhecimentos especializados dos produtos disponíveis no mercado. Segundo Reis (2015) há melhorias no processo produtivo, pois possibilita irrigações sem a mão de obra humana. Ainda afirma que o uso eficiente da água está relacionado diretamente com o sucesso das atividades agrícolas nas culturas, principalmente, em períodos de estresse hídrico e, isso é atingido, fazendo-se o controle da umidade do solo.

Para suprir essa demanda, surge a possibilidade de utilização do Arduino na irrigação agrícola, criado na Itália, em 2005, por Massimo Banzi e David Cuatliel (MCROBERTS, 2018). Arduino está dentre as plataformas de desenvolvimento mais utilizadas no mundo, com o objetivo de popularizar a tecnologia de prototipagem, a crescente demanda por produtos eficientes e acessíveis sistemas eletrônicos, têm motivado pesquisas usando plataformas de prototipagem (WISHKERMAN e WISHKERMAN, 2017).

O objetivo foi desenvolver um sistema de irrigação automático, utilizando-se plataformas de prototipagem de baixo custo com sensores de solo, buscando uma maior eficiência da irrigação e, especificamente, analisar a aplicabilidade desse sistema no manejo produtivo da alface. Além de proporcionar ao pequeno e médio produtor a

tecnificação da sua lavoura, controlando a deposição de água sem exceder ou deixar a planta em déficit hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma estufa agrícola, localizada na área experimental do curso de Agronomia da Faculdades Integradas de Bauru (FIB), Bauru-SP. Antecedendo o ensaio, foi realizado uma análise química do solo (Tabela 1), correção do solo e a adução conforme a metodologia de Raj et al. (1997), aplicando as devidas proporções para os vasos de 5 litros. A cultura utilizada foi de Alface Americana variedade Lucy Brown com um ciclo médio de 50 dias após o transplântio.

Tabela 1. Análise química do solo.

pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
CaCl ₂	gdm ⁻³	mgdm ⁻³	_____			mmol _c dm ⁻³		_____		%
5,2	17	25	0	19	1,3	15	8	24	43	56

O experimento contou com três tratamentos de 16 repetições, com delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo: T1: Irrigação localizada com um temporizador Timer digital programado para ativar a irrigação, via gotejamento, dia sim, dia não com duração de 15 minutos, simulando uma irrigação onde o produtor não toma os devidos cuidados com a cultura; T2: Irrigação manual que visou manter o teor de água do solo em capacidade de campo (CC), conforme Gomes et al., (2015) (Tabela 2 e 3); T3: foi utilizada uma plataforma Arduino UNO, com sensores de umidade de solo modelo FC-28, e atuador de válvula solenoide com alimentação de água por gravidade, e irrigação via gotejadores, visando manter a umidade do solo favorável para a planta.

Tabela 2. Resultado de temperatura e umidade relativa do ar ao longo do experimento no ambiente protegido.

Dias	Temp. Max (°C)	Temp. Min (°C)	UR Max (%)	UR Min (%)
1 ao 5	28,54	19,82	77,76	45,42
6 ao 10	25,4	14,4	86,5	50,08
11 ao 15	21,4	16	94,44	72,52
16 ao 20	29	17	91,72	48,94
21 ao 25	29,6	19	88,3	58,1
26 ao 30	30,2	20,2	83,22	48,54
31 ao 35	29,2	19,6	85,24	49,18

36 ao 40	30,6	18,6	87,1	40,18
41 ao 45	33,6	20,2	82,4	38,16
46 ao 50	24,4	15,6	84,94	52,24

Tabela 3. Manejo da irrigação para manutenção do teor de água no solo em capacidade de campo.

Dias	Eto (mm dia ⁻¹)	ETc (mm dia ⁻¹)	Lâmina de irrigação (L dia ⁻¹)
1 ao 5	4,65	2,324	0,081
6 ao 10	3,21	1,604	0,056
11 ao 15	2,71	1,685	0,058
16 ao 20	4,15	2,696	0,094
21 ao 25	4,27	4,697	0,164
26 ao 30	4,94	5,430	0,190
31 ao 35	4,65	5,110	0,179
36 ao 40	4,74	6,164	0,216
41 ao 45	5,62	7,300	0,250
46 ao 50	3,26	4,233	0,148

Adubações de cobertura foram feitas semanalmente via fertirrigação. O preparo da solução contou com 1,5g de Ureia e 0,5g de cloreto de potássio diluídos em 1 litro de água, aplicados 200 mL da solução para cada vaso plantado, sem entrar em contato com as folhas das plantas para não causar nenhum tipo de injúria.

No microprocessador Arduino, foi carregado um código de programação. O sketch (programa do Arduino) para execução da automação se deu mediante o uso do software Arduino IDE, disponível na página oficial da Arduino. Neste Software multiplataforma, instalado nesse caso no sistema operacional Windows, foi escrito o programa para ser transferido, via porta usb, para a placa Arduino. Para que o sistema automático operasse dentro de uma lógica funcional, foi criada uma programação e instalada no processador do Arduino.

Esta programação visa principalmente, manter a umidade do solo em 80%, conforme cita Filgueira (2008), para que a planta não sofra nenhum tipo de stress hídrico ao longo de seu ciclo. Para isso o sistema conta com um sensor de solo, modelo FC-28, que consiste em duas sondas que permitem a corrente passar pelo solo e obtém o valor da resistência para encontrar o valor da umidade, colhida as informações transmitirá para o Arduino processar os dados. Quando a umidade, momento da aferição, estiver menor que a necessária para a cultura da alface, o controlador aciona a válvula solenoide liberando a saída de água. Assim que irrigado, a umidade do solo se

eleva, o sensor FC-28 constata essa elevação e desativa a válvula solenoide, reiniciando todo o processo.

As avaliações foram feitas com 32 e 50 dias após o transplântio para altura da planta (AP), diâmetro da planta (DP) e do caule (DC), massa fresca total (MT), massa fresca folhas (MF), massa fresca raiz (MR) e número de folhas (NF).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa de análise estatística “Sisvar”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4, notou-se, diante da análise, que houve diferença entre os tratamentos T3 e T2 em relação ao T1 para todas as variáveis avaliadas aos 32 DAT. Observou-se ainda que, o tratamento T3 com altas taxas de crescimento em todos os requisitos avaliados. O tratamento T2 se equipara estatisticamente com o T3 em DC e NF. Já o tratamento T1 as plantas sofreram com estresse hídrico e ficam pequenas não alcançando o padrão de mercado.

Para Marengo e Lopes (2013) o estresse por falta de água no solo estimula o fechamento dos estômatos nas plantas, o que prejudica a absorção de dióxido de carbono e afeta o crescimento dos tecidos vegetais. Assim, plantas com estresse hídrico em algum momento de seu ciclo, apresentam menores índices de crescimento em comparação com plantas que possuem disponibilidade de água adequada em todas as fases de desenvolvimento.

Tabela 4. Parâmetros biométricos da alface americana submetidos a diferentes tipos de irrigação aos 32 DAT.

TRAT	AP (cm)	DP (cm)	DC (cm)	MT (g)	MF (g)	MR (g)	NF
1	11,125 c	17,025 c	1,175 c	34,57 c	28,03 c	6,54 c	6,25 b
2	12,975 b	23,875 b	1,825 a	58,99 b	48,83 b	10,16 b	10,00 a
3	15,312 a	26,687 a	2,025 a	71,198 a	58,15 a	13,04 a	10,75 a
CV	4,4	5,08	10,74	6,09	5,43	9,6	9,23

Para a segunda análise com 50 DAT, Tabela 5, confirma a diferença entre os tratamentos, evidenciando o tratamento 3, com manejo da irrigação via microprocessador, que apresentou melhores resultados. Os dados de massa total (MF)

colaboram para inferirmos que a produtividade por área é maior no cultivo protegido com automação em comparação ao sistema de operação manual.

Tabela 5. Parâmetros biométricos da alface americana submetidos a diferentes tipos de irrigação aos 50 DAT.

TRAT	AP (cm)	DP (cm)	DC (cm)	MT (g)	MF (g)	MR (g)	NF
1	19,075 c	28,13 c	1,9875 c	108,358 c	95,432 c	12,926 c	11,25 c
2	20,90 b	34,23 b	2,8875 a	156,081 b	140,301 b	15,78 b	14,65 b
3	22,962 a	37,462 a	3,00 a	173,170 a	154,376 a	18,792 a	16,65 a
CV	2,95	3,18	6,1	7,09	7,93	4,33	8,7

Os parâmetros altura de planta, diâmetro da planta, massa fresca total e número de folhas são os mais importantes quando comparados a padrão de mercado, são através deles que o produto é valorizado. Queiroz et al. (2017) evidencia que o diâmetro da planta é uma característica importante para a alface do tipo americana, considerando a preferência do consumidor para cabeças de maior tamanho na aquisição do produto. Pode ser observado que houve aumento no diâmetro da planta de alface, de acordo com a irrigação utilizada, em especial o tratamento 3.

Para Filgueira (2008), a cultura da alface é altamente exigente em água, necessitando irrigações frequentes e abundantes devido sua expressiva área foliar e evapotranspiração intensa em dias de altas temperaturas. A qualidade das folhas aumenta linearmente com a quantidade de água aplicada dentro de certos limites, com teor de água útil no solo acima de 80%, e irrigação por gotejamento a produtividade é aumentada significativamente.

CONCLUSÕES

O microprocessador Arduino se mostrou uma ótima ferramenta para aplicação no manejo de irrigação na cultura da alface, além de melhores resultado nos aspectos biométrico e produção e redução no desperdício de água.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pelo dom da vida, e sua graça e misericórdia ter me sustentado todos os dias. À minha esposa Lívia e meu filho Gael, por fazerem parte

do meu sonho e me incentivarem a continuar sempre. À minha mãe Rosani, meu irmão Gustavo e meu pai Paulo, por sempre me apoiarem e ajudarem a chegar até aqui. Aos professores da FIB por não medirem esforços para transmitirem todos conhecimentos aos alunos.

REFERÊNCIAS

BRAGA, M.B et al. **Sistema de Produção de Melancia: Irrigação**. Embrapa Semiárido, Petrolina PE, 2010.

EXAME. **Mercado de alface cresce continuamente no Brasil**. 2021. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/negocios/dino/mercado-de-alface-cresce-continuamente-no-brasilshhtml/>. Acesso em: 18 ago. 2021.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. UFV, Viçosa – SP. 2008. 402p.

GOMES, E. R.; BROETTO, F.; QUELUZ, J.G.T.; BRESSAN, D. F. **Efeito da fertirrigação com potássio sobre o solo e produtividade do morangueiro**, Irriga, Edição Especial, 20 anos Irriga + 50 anos FCA, p. 107-122, 2015.

MARENCO, R. A., LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa – MG. 3º ed. UFV. 2013. 486p.

MAROUELLI, Waldir A.; Oliveira, Áureo S.; COELHO, Eugênio F.; NOGUEIRA, Luis C.; Sousa, Valdemício F. **Irrigação em fruteiras e hortaliças**. In: MANEJO da água fa irrigação.: **Embrapa**, 2011. Cap5, p. 161.

MCROBERTS, M. **Arduino básico**. Novatec Editora, 2.ed, São Paulo, 2018.

QUEIROZ, A.A. et al. **Produção de alface americana em função da fertilização com organomineral**. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.14 n.25; p.1053-1063, 2017.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2 ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 285p, 1997 (Boletim técnico, 100).

REIS, J. S. dos. **Sistema de controle aplicado à automação agrícola**: Disponível em:<http://repositorio.roca.utfpr.rdu.br/jspui/bitstream/1/6523/8/CP_COAUT_2015_1_05.PDF>. Acesso em: 20 set. 2022.

SILVA, G. U.; PARIZI,A.R.C.;SANTO GOMES, .C;PIVOTO,;O.G.;PECCIN, M.D. **Manejo de irrigação via solo e clima na cultura do milho (Zea mayz L.) na região de Alegrete/RS**. Revista de Ciência e Inovação. v.2, n. 1, julho de 2017. Disponível: <https://doi.org/10.26669/2448-4091143>. Acesso em: 20 set. 2021.

SILVEIRA, F.C.G. **Desempenho de genótipos de alface-crespa em diferentes ambientes de cultivos, no município de Igarapava-SP.** Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal: UNESP, 2016, p.34.

WISHKERMANN, A., WISHKERMANN, E., 2017. Application note: A novel low cost open-source LED system for microalgae cultivation. **Computers and Electronics in Agriculture**, 132, 56- 62.