



Automação de cultivo hidropônico com Arduino Uno R3

*Leoncio Gonçalves Rodrigues^a, Ana Célia Maia Meireles^b,
Carlos Wagner Oliveira^c, Gabriela Gonçalves Costa^d, Davi
Hudson Pereira Simões^e e Livia Soares Bernardo^f*

Resumo: A hidroponia é uma técnica sem restrição quanto ao solo, as culturas cultivadas sob cultivo hidropônico são mais tolerantes a salinidade, permitindo o uso de águas mais salinas ou salobras. O cultivo hidropônico depende de um sistema de automação que controla a circulação da solução nutritiva, na maioria dos sistemas é utilizado um temporizador, que permite um ajuste de um tempo fixo que liga e desliga o sistema. Entretanto, durante o dia e noite ocorrem variação da

-
- a Mestre em Desenvolvimento Regional Sustentável pela UFCA – Universidade Federal do Cariri. E-mail: leonmeid@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8770-9172>.
 - b Doutora em Engenharia Civil. Professora na UFCA – Universidade Federal do Cariri. E-mail: ana.meireles@ufca.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8860-2043>.
 - c Doutor em Engenharia de Biosistemas. Professor na UFCA – Universidade Federal do Cariri. E-mail: carlos.oliveira@ufca.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1013-2974>.
 - d Graduação em Agronomia pela UFCA – Universidade Federal do Cariri. E-mail: gabriela.costa@aluno.ufca.edu.br.
 - e Graduação em Agronomia pela UFCA – Universidade Federal do Cariri. E-mail: davi.simoies@aluno.ufca.edu.br.
 - f Graduação em Agronomia pela UFCA – Universidade Federal do Cariri. E-mail: soares@aluno.ufca.edu.br.

temperatura e umidade, o que pode provocar murcha temporária das plantas, os intervalos fixos não são variáveis ao longo do dia. Diante disso, o objetivo desta pesquisa foi desenvolver um sistema para automação para cultivo hidropônico com Arduino em resposta a variação da temperatura e umidade do ar. Para tanto, foi cultivado a alface crespa cv. Moana sob diferentes níveis de salinidade em um sistema hidropônico NFT (Nutrient Film Technique). O delineamento foi em blocos casualizados (DBC), com seis blocos BL1, BL2, BL3, BL4, BL5, cinco tratamentos (1,5; 2,0; 2,5; 3,0 e 3,5) dS m^{-1} e quatro repetições, em um esquema fatorial de $5 \times 5 \times 4$. Foram avaliados dados climáticos temperatura do ar e umidade do ar, e morfológicos da planta número de folhas e diâmetro caulinar. Em relação a salinidade, verificou-se diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade para número de folhas e diâmetro caulinar entre os tratamentos, onde os níveis de 1,5 e 2,0 dS m^{-1} apresentaram maiores médias. Portanto, concluiu-se que o sistema de automação proposto é uma alternativa viável nos níveis de condutividade elétrica da solução 1,5 e 2,0 dS m^{-1} .

Palavras-chave: Alface. Cultivo. Nutrientes. Programação.

Hydroponic grow automation with Arduino Uno R3

*Leoncio Gonçalves Rodrigues^a, Ana Célia Maia Meireles^b,
Carlos Wagner Oliveira^c, Gabriela Gonçalves Costa^d, Davi
Hudson Pereira Simões^e & Livia Soares Bernardo^f*

Abstract: Hydroponics is a technique with no restrictions on soil, crops grown under hydroponic cultivation are more tolerant to salinity, allowing the use of more saline or brackish waters. Hydroponic cultivation depends on an automation system that controls the circulation of the nutrient solution, in most systems a timer is used, which allows a fixed time adjustment that turns the system on and off. However, during the day and night, variations in temperature and humidity occur, which can cause temporary wilting of the plants, the fixed intervals are not variable throughout the day. Therefore, the objective of this research was to develop a system for automation for hydroponic cultivation with Arduino in response to variations in temperature and air humidity. For that, curly

-
- a Master in Sustainable Regional Development from UFCA – Federal University of Cariri. Email: leonmeid@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8770-9172>.
 - b PhD in Civil Engineering. Professor at UFCA – Federal University of Cariri. E-mail: ana.meireles@ufca.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8860-2043>.
 - c PhD in Biosystems Engineering. Professor at UFCA – Federal University of Cariri. E-mail: carlos.oliveira@ufca.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1013-2974>.
 - d Graduate degree in Agronomy from UFCA – Federal University of Cariri. E-mail: gabriela.costa@aluno.ufca.edu.br.
 - e Graduate degree in Agronomy from UFCA – Federal University of Cariri. E-mail: davi.simoes@aluno.ufca.edu.br.
 - f Graduate degree in Agronomy from UFCA – Federal University of Cariri. E-mail: soares@aluno.ufca.edu.br.

lettuce cv. Moana under different salinity levels in an NFT (Nutrient Film Technique) hydroponic system. The design was in randomized blocks (DBC), with six blocks BL1, BL2, BL3, BL4, BL5, five treatments (1.5; 2.0; 2.5; 3.0 and 3.5) dS m^{-1} and four replications, in a factorial scheme of $5 \times 5 \times 4$. Climatic data, air temperature and air humidity, and morphological data of the plant number of leaves and stem diameter were evaluated. Regarding salinity, there was a significant difference at the level of 5% of probability for the number of leaves and stem diameter between treatments, where the levels of 1.5 and 2.0 dS m^{-1} presented higher averages. Therefore, it was concluded that the proposed automation system is a viable alternative in the electrical conductivity levels of the solution 1.5 and 2.0 dS m^{-1} .

Keywords: Lettuce. Cultivation. Nutrients. Schedule.

Automatización de cultivo hidropónico con Arduino Uno R3

*Leoncio Gonçalves Rodrigues^a, Ana Célia Maia Meireles^b,
Carlos Wagner Oliveira^c, Gabriela Gonçalves Costa^d, Davi
Hudson Pereira Simões^e y Livia Soares Bernardo^f*

Resumen: La hidroponía es una técnica sin restricción de suelo, los cultivos cultivados bajo cultivo hidropónico son más tolerantes a la salinidad, permitiendo el uso de aguas más salinas o salobres. El cultivo hidropónico depende de un sistema de automatización que controla la circulación de la solución nutritiva, en la mayoría de los sistemas se utiliza un temporizador, que permite un ajuste de tiempo fijo que enciende y apaga el sistema. Sin embargo, durante el día y la noche se producen variaciones de temperatura y humedad que pueden provocar el marchitamiento temporal de las plantas, los intervalos fijados no son variables a lo largo del día. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue desarrollar un sistema de automatización para el cultivo

-
- a Maestría en Desarrollo Regional Sustentable de la UFCA – Universidad Federal de Cariri. Correo electrónico: leonmeid@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8770-9172>.
 - b Doctorado en Ingeniería Civil. Profesor de la UFCA – Universidad Federal de Cariri. Correo electrónico: ana.meireles@ufca.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8860-2043>.
 - c Doctorado en Ingeniería de Biosistemas. Profesor de la UFCA – Universidad Federal de Cariri. Correo electrónico: carlos.oliveira@ufca.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1013-2974>.
 - d Licenciado en Agronomía por la UFCA – Universidad Federal de Cariri. Correo electrónico: gabriela.costa@aluno.ufca.edu.br.
 - e Licenciado en Agronomía por la UFCA – Universidad Federal de Cariri. Correo electrónico: davi.simoese@aluno.ufca.edu.br.
 - f Licenciado en Agronomía por la UFCA – Universidad Federal de Cariri. Correo electrónico: soares@aluno.ufca.edu.br.

hidropónico con Arduino en respuesta a las variaciones de temperatura y humedad del aire. Para eso, lechuga rizada cv. Moana bajo diferentes niveles de salinidad en un sistema hidropónico NFT (Nutrient Film Technique). El diseño fue en bloques al azar (DBC), con seis bloques BL1, BL2, BL3, BL4, BL5, cinco tratamientos (1.5; 2.0; 2.5; 3.0 y 3.5) dS m^{-1} y cuatro repeticiones, en un esquema factorial de $5 \times 5 \times 4$. Se evaluaron datos climáticos, temperatura y humedad del aire, y datos morfológicos de la planta número de hojas y diámetro del tallo. En cuanto a la salinidad, hubo diferencia significativa al nivel del 5% de probabilidad para el número de hojas y diámetro del tallo entre tratamientos, donde los niveles de 1.5 y 2.0 dS m^{-1} presentaron promedios superiores. Por lo que se concluyó que el sistema de automatización propuesto es una alternativa viable en los niveles de conductividad eléctrica de la solución 1.5 y 2.0 dS m^{-1} .

Palabras clave: Lechuga. Cultivo. Nutrientes. Horario.

1. Introdução

O cultivo hidropônico é uma técnica ao qual uma determinada cultura cresce em meio a uma solução nutritiva. A solução nutritiva é enriquecida por sais essenciais ao seu desenvolvimento, nesse sistema destaca-se o modelo de cultivo NFT do inglês “*Net Film Technique*”, onde são utilizadas bancadas com canais. A solução nutritiva flui por esses canais em intervalos de tempo pré-definidos, por um bombeamento automático, garantindo o suprimento hídrico e nutricional das plantas, promovendo as condições ideais para seu pleno desenvolvimento (DIAS, 2019).

Em sistemas de cultivo hidropônicos, há a necessidade de automação do sistema para bombeamento da solução nutritiva para os canais, o tempo de operação geralmente é de 10 a 20 minutos (BEZERRA NETO, 2017). Todavia, há momentos que a temperatura pode estar mais elevada que o normal, assim como, a umidade mais baixa o que demandaria intervalos menores. Segundo Taiz et al. (2017), o conteúdo de saturação de vapor de água aumenta exponencialmente com a temperatura, tendo um impacto marcante nas taxas transpiratórias das plantas.

O Arduino é uma plataforma aberta (do inglês “*open-source*”), de dispositivos eletrônicos e software baseado em fácil aplicação e uso. Uma placa Arduino é capaz de realizar a leitura de diversos tipos de sensores, assim como, acionar outros (BACHINSKI; STEFANELLO, 2018). Sistemas de automação baseados em Arduino são cada vez mais utilizados, pela possibilidade do emprego de sensores de temperatura, umidade, condutividade, etc., além disso, o seu baixo custo e fácil instalação permite construir os mais diversos sistemas de automação (SILVA; SILVA JÚNIOR, 2021). A implementação de um sistema de automação eficiente permite reduzir desperdícios de água, luz e energia

(SOUZA; ROCHA, 2020).

Posto isto, objetivo desta pesquisa foi desenvolver um modelo de automação com Arduino em função da mudança de temperatura e umidade do ar e avaliar seu desempenho no crescimento inicial da alface sob diferentes níveis de salinidade da solução (1,5; 2,0; 2,5; 3,0 e 3,5 dS m⁻¹) em um sistema hidropônico NFT (*Nutrient Film Technique*).

2. Metodologia

A pesquisa foi conduzida na Universidade Federal do Cariri (UFCA), Campus Crato-CE, no período de 1 de maio a 1 de dezembro de 2021 em área experimental situada sob latitude - 7° 13' 48" S e longitude de -39° 21' 36" W. Conforme classificação climática de Thornthwaite, o clima da região é o C1dB'4b'1 (Seco subsumido, com pequeno ou nenhum excesso de água do tipo climático mesotérmico e subtipo mesotérmico), com temperatura média, anual de 26,7 °C e precipitação 1037 mm ano⁻¹ (RODRIGUES et al., 2022).

A cultura cultivada foi a alface do tipo crespa, cv. Moana da ISLA, de porte médio e tolerante a deficiência de cálcio. Para aferição dos níveis de salinidade (CE) e pH da solução nutritiva foi utilizado um equipamento portátil, modelo EC-3587 da *Analytical Instruments*. A solução nutritiva utilizada foi a proposta por Furlani (1998).

No sistema de automação preconizou-se o tempo de aplicação da solução nutritiva de 15 min, enquanto, o intervalo de aplicação foi em função da temperatura do ar (T) e umidade do ar (U) que direcionava a diferentes programações. Durante o dia, a programação "P1" com intervalo de 15 minutos e "P2" com intervalo de 10 min, a noite programação "P3" com intervalo de 60 minutos e "P4" com intervalo de 120 minutos. Estudos com tempo fixo, recomendam que durante o dia a solução nutritiva deve circular por um tempo de 15 a 20 min, com ciclos de 10 a 15

min, enquanto a noite de 10 a 15 min em um ciclo de 3 a 4h (FAQUIN et al. 1999; PAULUS, 2008). As Equações 1, 2 e 3 apresentam a estrutura condicional empregada para direcionar o fluxo de execução do código, e a Figura 1 apresenta o fluxograma de seu funcionamento¹.

Eq.1

$$\text{if } (LDR = \text{LOW}) \{ PD \} \text{ else } \{ PN \}$$

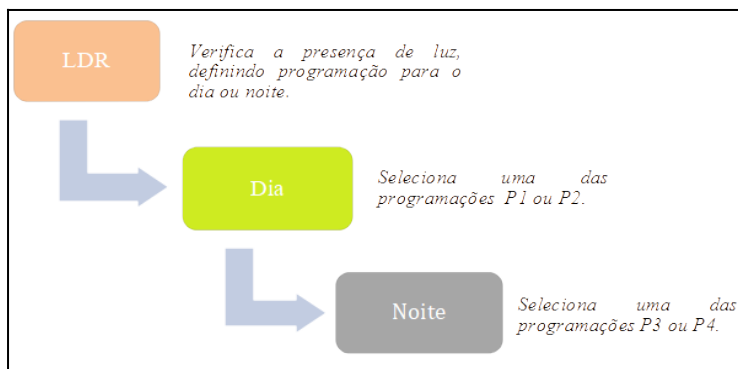
Eq.2

$$\text{if } (T \geq 32 \vee U \leq 45) \{ P1 \} \text{ else if } (T < 32 \vee U > 45) \{ P2 \}$$

Eq.3

$$\text{else } (T \geq 32 \vee 45 \leq y) \{ P3 \} \text{ else if } (T < 32 \vee U > 45) \{ P4 \}$$

Figura 1 – Fluxograma de funcionamento do código de programação



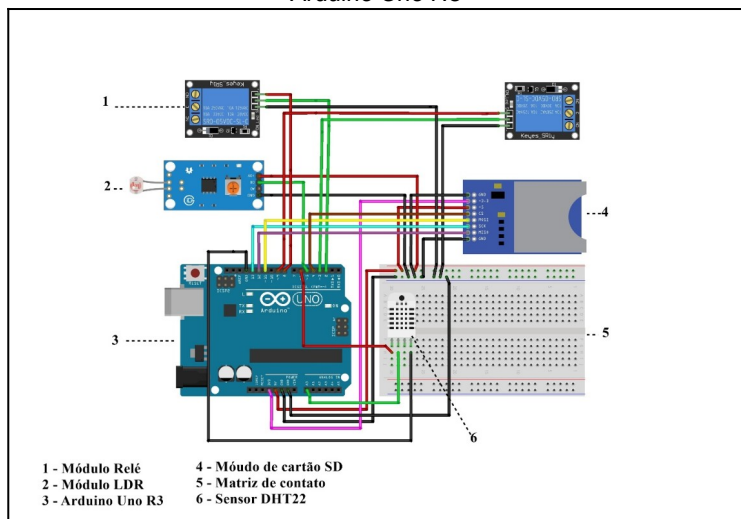
Fonte: Autor.

Os componentes necessários para construção do dispositivo

- 1 Em que 32 e 45 são os limites estabelecidos para temperatura e umidade, respectivamente; if “se” é a instrução que verifica se a primeira condicional é verdadeira, se verdade executa a primeira condição; else “senão” é a instrução que caso a primeira condicional seja falsa executa a segunda condição; else if “então se” é a instrução que caso a primeira condicional seja falsa executa a segunda condicional. O código de programação pode ser acessado em: <http://irmea.blogspot.com/2022/07/codigo-de-automacao-recodaf-artigo.html>.

de automação são: matriz de contato² com 400 pontos, módulo sensor LDR³, sensor DHT11⁴ “ou DHT22”, módulo relé⁵, módulo SD⁶, cartão microSD⁷ com adaptador⁸ e um Arduino Uno R3⁹. A Figura 2 apresenta o diagrama de montagem do sistema de automação.

Figura 2 – Diagrama de instalação do sistema de automação com Arduino Uno R3



Fonte: Autor.

O sistema de cultivo NFT consistiu de três bancadas: B1, B2

- 2 Matriz de contato é um componente com pequenos furos utilizado para conectar ou interligar componentes eletrônicos.
- 3 Módulo que identifica a presença ou ausência de luz.
- 4 Sensor que permite a leitura da umidade e temperatura do ar.
- 5 Módulo com relé que permite o acionamento e desligamento de componentes que não poderiam ser ligados diretamente no Arduino.
- 6 Módulo que permite a leitura e a escrita em cartões SD.
- 7 Cartão para armazenamento de dados.
- 8 Adaptador de cartão microSD para SD.
- 9 Placa de prototipagem eletrônica que permite a elaboração de projetos de automação.

e B3, cuja as dimensões foram 2,00 m x 3,00 m de largura e comprimento. Cada bancada teve cinco perfis espaçados em 0,30 m, confeccionados com tubos de PVC com comprimento de 3,00 m, e com seção interna de $\varnothing$ 0,075 m, onde foram feitas perfurações com $\varnothing$ 0,05 m espaçadas em 0,25 m. O delineamento experimental utilizado foram blocos casualizados (DBC), onde as bancadas B1, B2, B3, foram divididas nos BL1, BL2, BL3, BL4, BL5 com cinco tratamentos (1,5; 2,0, 2,5, 3,0; 3,5 dS m⁻¹,) em um esquema fatorial de 5 x 5, com quatro repetições para cada tratamento. Os parâmetros avaliados foram número de folhas (NF) e diâmetro caulinar (DC).

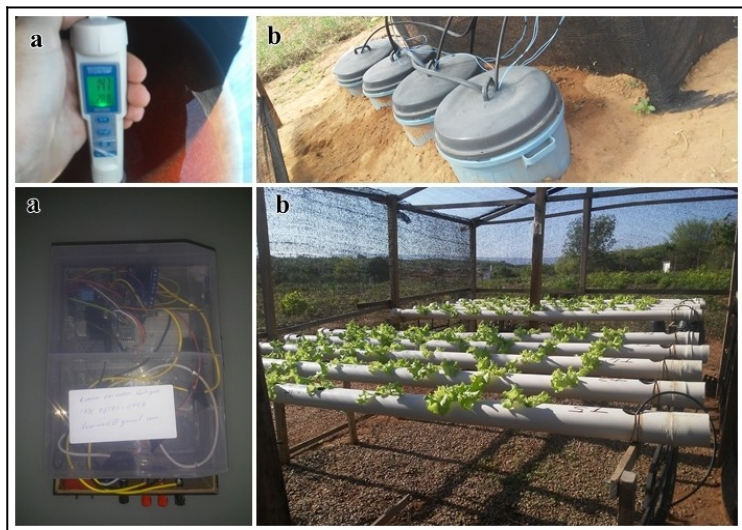
3. Resultados e discussões

O sistema de automação operou satisfatoriamente, não sendo registrados quaisquer interrupções em seu funcionamento seja por falha de hardware ou de software “programação”. A vazão média nos perfis hidropônicos foi de 1,5 L h⁻¹. Blat et al. (2011) e Furlani (1998) estabelecem que para cultivo hidropônico o fluxo de solução nos perfis está entre 1,0 a 2,0 L h⁻¹. Júnior, Ferreira e Carvalho Canato (2020) demonstram a viabilidade da automação em horas hidropônicas com Arduino. O mesmo foi observado durante a pesquisa, devido à estabilidade de funcionamento do sistema, que se comportou conforme o projetado. A Figura 3(a) apresenta o protótipo de sistema de automação com Arduino e a Figura 3(b) as bancadas com os perfis hidropônicos automatizadas.

Medeiros et al. (2022) constata que o Arduino é de uso simples e prático em automações. Friederich et al. (2021) conclui em seu cultivo hidropônico de Erva-Toura (*Tridax Procumbens*) que o sistema de automação com Arduino apresentou bom desempenho ao longo dos dias e permite monitorar a temperatura e umidade do ar no local de cultivo. Brito Neto et al. (2015) relatam que o controle preciso do ambiente, proporciona a

condição ideal para que a cultura se desenvolva. Automação dinâmica com Arduino pode proporcionar isso.

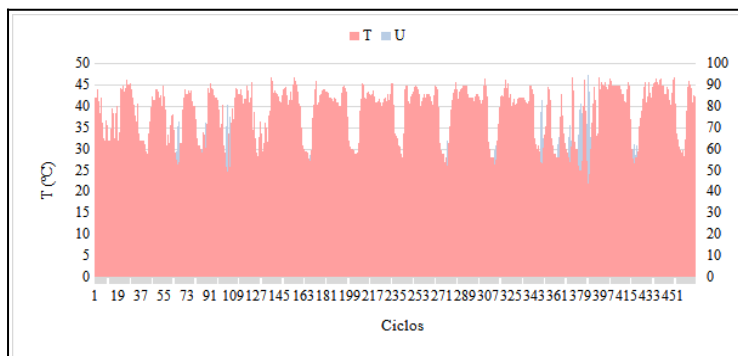
Figura 3 – Sistema de automação (a), sistema NFT com alface cv. Moana (b)



Fonte: Autor.

Ao longo do cultivo a temperatura e umidade do ar lida foi armazenada no cartão microSD, e demonstrou uma variabilidade ao longo dos ciclos de rega. Essa variação, justifica o emprego dos intervalos das Eq. 2 e Eq. 3, por demonstrar que as condições no ambiente não são estáticas, mas sim, dinâmicas, e estás no que lhe concerne direcionaram o fluxo de execução do código Baron et al. (2021) utilizou o Arduino na automação de um cultivo de alface hidropônica em função da temperatura do ar, umidade do ar e luminância e constatou que desta forma obtém-se uma suavização na troca de períodos de turno de rega. A Figura 4 permite observar a flutuação da T e U ao longo do cultivo nos diferentes ciclos.

Figura 4 – Variação da T e U de para os ciclos de irrigação de
11/10/2021 a 29/11/2021



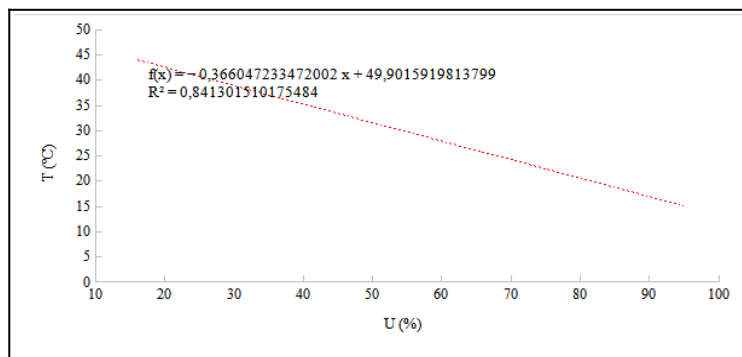
Fonte: Autor.

Durante o cultivo e coleta de dados, a temperatura máxima registrada foi de 47 °C e a mínima 22 °C, com um CV de 16,3%, a umidade máxima foi de 95% e a umidade mínima 16%, com um CV de 52,82%. Ressalta-se que o sensor DHT11 possui uma resolução de 2 °C para T e 5% para U, devendo se utilizar o sensor DHT22 quando se desejar obter melhor acurácia. Melo et al. (2018) na cultura da alface, elevadas temperaturas podem favorecer a incidência de doenças, a inibição na germinação e a maior dificuldade na formação da cabeça da alface americana. Nesse sentido, sensores como de temperatura e umidade podem ser utilizados para o acionamento de nebulizadores para reduzir a temperatura no ambiente.

A Figura 5 apresenta um gráfico de regressão linear entre T e U, onde a equação da reta apresenta um R^2 de 0,84 o que permite obter a umidade ou temperatura uma em função da outra, com boa precisão. A coleta de dados do sensor DHT11 demonstrou que o sistema funcionou por 18,7 dias. Aonde, o tempo de aplicação da solução nutritiva foi de 132 horas, e o tempo com sistema desligado de 317,17 horas. O conhecimento do tempo de operação é importante, por permite determinar o número de horas

de funcionamento da bomba, e assim quantificar seu consumo de energia e avaliar melhor os custos de produção.

Figura 5 – Regressão linear de T e U dos registros do dia 11/10/2021 a 29/11/2021



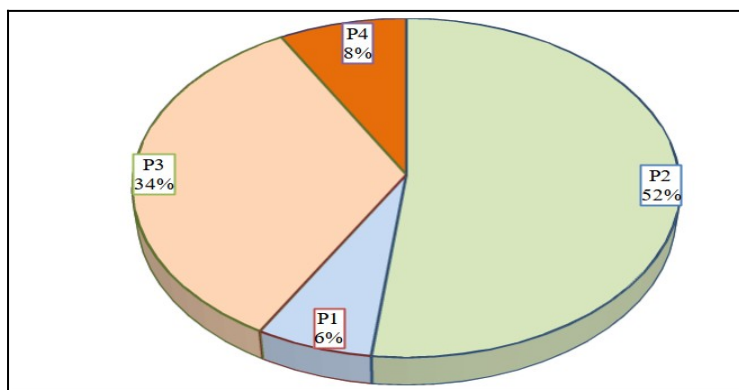
Fonte: Autor.

A mine bomba centrífuga utilizada tem uma potência de 19 watts h^{-1} , como ao todo foram utilizadas 5 bombas, o consumo total é de 95 watts h^{-1} . Portanto, durante todo o ciclo do experimento o consumo de energia foi de 12540 watts ou 12,54 kw.

A programação P2 foi a que apresentou maior utilização com percentual de 52% dos acionamentos. Segundo Luz et al. (2008) em estudos de cultivo de alface hidropônica, o aumento nos ciclos das irrigações não prejudicou alteração na produção de fitomassa nos ciclos de 30 e 45 minutos, entre aplicação e recirculação da solução, e enfatiza que a diferença de tempo de funcionamento ao longo de vários ciclos de cultivo torna-se vantajosa.

Ressalta-se, ainda, que a programação P3 e P4 definidas para o período noturno, podem ser executadas durante o dia, ao ter baixa luminosidade. A Figura 6 apresenta o percentual de funcionamento em cada programação.

Figura 6 – Porcentagem de tempo que o sistema permaneceu ligado e desligado em cada programação



Fonte: Autor.

Em relação aos diferentes níveis de salinidade verificou-se haver influência da salinidade em relação ao DC e NF, sendo os tratamentos com menor salinidade os que apresentaram os maiores valores médios. A ANAVA do NF e DC, demonstrou haver diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre tratamentos. Na Tabela 1 é apresentado o resumo da análise de variância.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância para o número de folhas (NF), diâmetro caulinar (DC) para os diferentes tratamentos dia 29/11/2021

FV	GL	QM	
		NF	DC
Tratamento	4	60,726**	0,2348**
Blocos	4	0,805ns	0,0141ns
Resíduo	16	0,781	0,01189
Total	24		
CV (%)		20,52	23,37

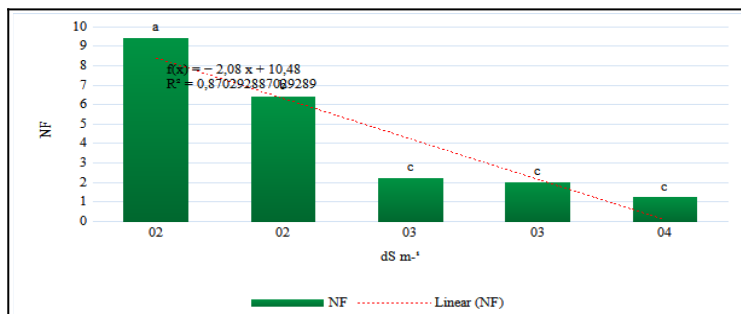
Fonte: Autor.

Qm: Quadrado médio Análise de Variância *Diferiram entre si pelo teste F ao nível de 0,05 de significância NS Não diferiram entre si ao

nível de 0,05 de significância pelo teste F; CV: coeficiente de variação.

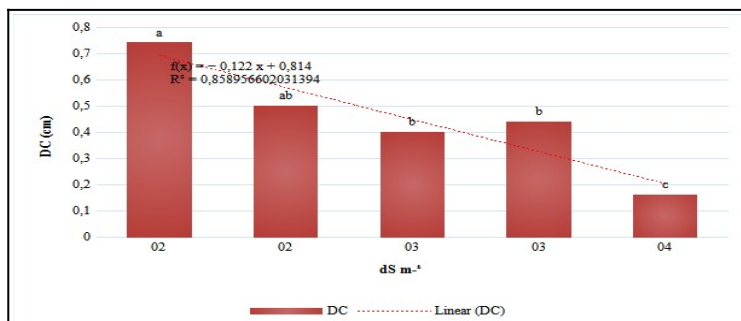
Não houve diferença entre blocos, o que pode ser atribuído, ao fato de em sistema hidropônico NFT existir uma maior homogeneidade na aplicação da solução. A Figura 7 e Figura 8 apresenta o desdobramento pelo teste de Tukey para o NF e DC, onde se verifica que os níveis de salinidade de 1,5 e 2,0 dS m⁻¹ apresentaram os melhores resultados.

Figura 7 – Resumo do desdobramento pelo teste de Tukey para (NF)
dia 29/11/2021



Fonte: Autor.

Figura 8 – Resumo do desdobramento pelo teste de Tukey para (NF)
dia 29/11/2021



Fonte: Autor.

Os níveis 2,5 a 3,5 apresentaram maiores efeitos deletérios da salinidade. Silva et al. (2017) também demonstraram os efeitos da salinidade no crescimento do vegetal e relataram que o diâmetro do caule é um dos parâmetros mais sensíveis a salinidade. Do mesmo modo, Silva et al. (2018) verificaram que, sob níveis de salinidade menores, a alface apresenta maior produtividade, assim como, maior acúmulo de umidade em suas folhas.

Bezerra Neto et al. (2017) e Paulus (2012) demonstram ser importante não usar águas com condutividade elétrica muito elevada, de modo a evitar que com a dissolução dos sais, a condutividade elétrica não se eleve ao ponto de limitar ou inibir o desenvolvimento da cultura. Já Taiz et al. (2017) relatam que os efeitos da salinidade se assemelham aos efeitos do déficit hídrico e que os efeitos primários são: redução do potencial hídrico, desidratação celular, citotoxicidade iônica.

Com base no exposto, consolida-se, portanto, que o cultivo utilizando o sistema automático com Arduino é viável, e traz consigo a vantagem de utilização de diferentes sensores, que podem ser utilizados como atuadores da programação ou como mecanismo de coleta de dados seja, do clima, da água ou do solo. Ademais, ficou evidenciado que para as condições do experimento os níveis de salinidade altos, interferem no desenvolvimento do vegetal.

Posto isto, sugere-se que para novos estudos ou implantação de sistemas de automação com Arduino, sejam testados outros intervalos de T e U, além como, iluminância para diferentes culturas, tal como, salinidade. Pode ainda, trabalhar com acionamento via ondas de rádio como “Wi-Fi” e “Bluetooth”.

4. Considerações finais

O cultivo de alface em sistema hidropônico para condições de alta temperatura e baixa umidade somente é viável para níveis de CE inferiores a $2,0 \text{ dS m}^{-1}$. O sistema de automação com Arduino Uno demonstrou-se promissor, e trazer o benefício de acoplar diferentes sensores, permitindo fazer o registro e armazenamento de dados como T e U.

Referências

BACHINSKI, A. Automatização de adubação e irrigação de uma estufa hidropônica utilizando sistema embarcado Arduino: Andre Luis Stefanello. *In*: SIMPÓSIO DE CIÊNCIA, INOVAÇÃO E TECNOLOGIA, 3., 2018, [S.I.].

Anais [...]. Frederico Westphalen: Uri, p. 83-88, 2019.

Disponível em:

<http://www.fw.uri.br/NewArquivos/publicacoes/publicacoesarquivos/317.pdf#page83>. Acesso em: 29 abr. 2022.

BARON, L. C.; NOGUEIRA, C. E. C.; SIQUEIRA, J. A. C.; MIOTTO, A. Desenvolvimento e avaliação da viabilidade técnica de dispositivos para automação hidropônica.

Almanaque multidisciplinar de pesquisa, [S.I.], v.8, n.1, p.186-212. Disponível em:

<http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/amp/article/view/6689/3443>. Acesso em: 19 jun. 2022.

BEZERRA NETO, E.; SILVA, E. F. F.; JUNIOR, J. A. S.; SANTOS, M. J.; ALBUGUERQUE, E. R. G. M.; MESQUITA, J. C. P.; COELHO, J. B. M.; OLIVEIRA, J. V. Hidroponia.

Cadernos do Semiárido: riquezas e oportunidades.

Pernambuco: CREA, v.6, n.6, 2017. Disponível em:

<http://www.ipa.br/novo/pdf/cadernos-do-semiarido/6---hidroponia.pdf>. 14 jun. 2022.

BLAT, S. F.; SANCHEZ, S. V.; ARAUJO, J. A. C.;

BALONHENZI, D. Desempenho de cultivares de alface-crespa em dois ambientes de cultivo em sistema hidropônico.

Horticultura brasileira. [S.l.], v.29, n.1, p. 135-138, 2011.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/hb/a/hv837SXCdV44PfFSSR5xwYv/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 13 ago. 2022.

BRITO NETO, A. J. de; LIMA, J. C. de. M.; PIMENTEL FILHO, J. V. ; CARVALHO, J. R. A. de.; STRUMISKI, E. D. B.; BRIÃO, F. dos. S. Monitoramento de um cultivo hidropônico através de um circuito de automação e controle. Cadernos de graduação, [S.l.], v.3, n.1, p.105-116, 2015. Disponível em:

<https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/2644/1534>.

Acesso em: 05 jun. 2022

DIAS, R. H. **Desempenho de cultivares de alface em sistema semi hidropônico fertirrigadas com soluções nutritivas salinizadas.** Mossoró: UFERSA, 2019. 23 f. (Trabalho de Conclusão de Curso). Centro de

Ciências Agrárias. Universidade Rural do Semiárido.

Disponível em:

<https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/3278>. Acesso em: 14 jun. 2022.

FAQUIN, V., FURLANI, P. R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em

ambiente protegido. **Revista Informe Agropecuário.**

Belo Horizonte, v.20, n. 200/201,

p. 99-104, set. /dez. 1999. Disponível em:

http://www.cecs.unimontes.br/media/k2/attachments/Cultivo_de_hortalicas_de_folhas_em_hidroponia.pdf_c048fd82a3817105eb912207294e5574.pdf. Acesso em: 14 jun. 2022.

FRIEDERICH. T. L.; CASSOL, F.; DARTORA, N.; SANTOS, M. V. dos. Construção de um sistema de cultivo hidropônico com monitoramento automatizado. In: **SIMPÓSIO DE PÓS**

GRADUAÇÃO DO RIO GRANDE DO SUL, v.1, n.1, [2021]. Disponível em: <https://portaleventos.uffs.edu.br/index.php/simpos-sul/article/view/16031>. Acesso em: 16 jun. 2022.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia** NFT. Campinas: IAC, 1998. 30 p (IAC. Boletim Técnico, 168).

JÚNIOR, L. M.; FERREIRA, M. A.; CARVALHO CANATO, L. R. Microcontrolador e sensores aplicados na automação de horta hidropônica. **Revista Interciência e Sociedade**, [S.l.], v.5, n.2, p.356-357, 2020.

LUZ, J. M. Q; GUIMARÃES, S. T. M. R.; KORNDÖNFER, G. H. Produção hidropônica de alface em solução nutritiva com e sem sílicio. **Revista Horticultura Brasileira**, v.24, n.3, p.295-399. jun. /set. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/99RFWNldK6G8HNLtFBpDzrL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 9 jun. 2022.

MEDEIROS, M. P.; CARDOSO, L. C.; SOUZA, E. F. de.; BREDER, L. F.; MENDES, A. A. Arduino e cultivo: projeto de hidroponia residencial. **Revista pensar acadêmico**, Manhauçu, v.20, n.1, p.49-64, 2022. Disponível em: <http://www.pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/pensaracademico/article/view/2756/2454>. Acesso em: 15 jun. 2022.

MELO, D. F. de.; LIMA, S. C. de.; GUIMARÃES, R. F. B.; FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, R. do. **Influência da estufa hidropônica no crescimento de diferentes cultivares de alface-crespa (*Lactuca Sativa L.*)**. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DE ENGENHARIA E AGRONOMIA, CONTECC, Maceió, 2018. Disponível em: https://www.confex.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/agronomia/143_idehncddcdacsl.pdf. Acesso em: 14 jun.

2022.

PAULUS, D. **Produção, Qualidade, parâmetros fisiológicos e bioquímicos de alface sob hidroponia com águas salinas**. 2020. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-18112008-102304/fr.php>. Acesso em: 14 jun. 2022.

PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G. A.; MOURA, C. A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Revista Ceres**, [S.l.], v. 1, n. 59, p. 110-117, fev. 2012. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3701/1607#>. Acesso em: 11 fev. 2022.

RODRIGUES, L. G.; MOREIRA, P. B. de. A.; SANTOS, L. F. dos.; TEIXEIRA, Y. N.; FIRMINO, P. A.; OLIVEIRA, C. C. F. de. Balanço Hídrico e classificação climática para estação meteorológica do Cariri. **Revista Brasileira de Geografia física**, [S.l.], v.15, n.2, p.618-633, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/viewFile/251297/40837>. Acesso em: 10 abr. 2022.

SILVA, D. A. de. O.; SANTOS, W. M. dos.; SILVA, T. S. S.; FERNANDES, S. P.; CARNEIRO, P. T.; SANTOS, C. G. dos. Desempenho da alface (*Lactuca Sativa* L.) submetida a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Ambiental**, Alagoas, v.10, n.3, p.32-42, 2018. Disponível em: <https://periodicosuneal.emnuvens.com.br/ambientale/article/view/56/55>. Acesso em: 08 jan. 2022.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. S.; SILVA FILHO, J. A.; CARMO, F. F. do. Frequency of recirculation of nutrient solution in hydroponic cultivation of coriander with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.l.], v. 20, n. 5, p. 447-454, maio 2016. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/zMN6hjQfFBSYcZbPwYLS6v/?lang=en>. Acesso em: 03 jun. 2022.

SILVA, M. V. S.; SILVA JÚNIOR, D. C. da. Monitoramento e Controle de Temperatura em um Sistema Aquapônico. **Revista caderno de estudos em engenharia agrícola**, v.3, n.2, p. 1-36, 2021. Disponível em: <https://seer.uniacademia.edu.br/index.php/eletrica/article/view/3061>. Acesso em: 07 fev.2022.

SOUZA, A. V. de; ROCHA, R. V. de. O uso da automação para aprimorar o cultivo do pequeno produtor. **Revista Recodaf**, [S.l.], v.6, n.1, 2020. Disponível em: <https://owl.tupa.unesp.br/recodaf/index.php/recodaf/article/view/116/249>. Acesso em: 14 jun. 2022.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Rio Grande do Sul: Artmed, 2017. 888 p. 1 E-book. Disponível em: https://grupos.moodle.ufsc.br/pluginfile.php/474835/mod_resource/content/0/Fisiologia%20e%20desenvolvimento%20vegetal%20-%20Zair%206%C2%AAed.pdf. Acesso em: 01 ago. 2022.