

APLICAÇÃO DE UM SISTEMA DE CULTIVO HIDROPÔNICO COM MONITORAMENTO AUTOMATIZADO

Vanessa Marczewski¹
Fabiano Cassol²
Thalía Lopes Friedrich³
Marlei Veiga dos Santos⁴
Nessana Dartora⁵
Carla Maria Garlet de Pelegrin⁶

Resumo: A hidroponia corresponde a uma técnica empregada para o cultivo de plantas sem o uso do solo, de forma que a nutrição das plantas é fornecida por uma solução nutritiva. Para o crescimento adequado das plantas nesse sistema é fundamental controlar as condições ambientais, podendo ser aliado a sistemas automatizados, com o objetivo de otimizar o tempo de trabalho, reduzir a mão-de-obra e aumentar a produtividade. O presente estudo objetiva propor o monitoramento do fotoperíodo, registro de dados de temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade, em tempo real, para o cultivo hidropônico de espécies vegetais em experimentos de fitorremediação, a partir da utilização do microcontrolador Arduino Uno. O sistema hidropônico foi construído em uma estrutura de pequeno porte sobre bancada, utilizando madeira, com dimensões de 2 m de altura, 2,40 m de comprimento e 0,75 m de largura. Para a cobertura foram utilizadas lonas plásticas. Com o acompanhamento dos dados registrados, verificou-se que foi possível manter as condições ideais para o desenvolvimento dos cultivos e, associado às funções automatizadas, auxiliaram de forma positiva na condução de experimentos, reduzindo o trabalho manual.

Palavras-chave: Arduino – Microcontrolador - Sensores.

INTRODUÇÃO

Desde o surgimento da hidroponia no Brasil a sua utilização vem se popularizando, principalmente devido ao desenvolvimento tecnológico (SALA; COSTA, 2012). Esta técnica consiste em um sistema de cultivo sem o uso de solo, sendo uma alternativa de cultivo protegido, onde os nutrientes são fornecidos através da água de irrigação (CARRIJO; MAKISHIMA, 2000). Neste sistema é possível cultivar diferentes espécies de plantas e, aliado à oferta controlada de água, nutrientes e manejo do ambiente, o sistema propicia alta eficiência.

Quando o cultivo é praticado em ambiente protegido é possível alcançar

¹ Técnica em Agropecuária. UFFS. Graduada em Agronomia. vanessamarczewski2015@gmail.com

² Doutor em Engenharia. UFFS. Professor. fabiano.cassol@uffs.edu.br

³ Engenheira Ambiental e Sanitarista. UFFS. Mestranda no PPGATS. thalia.friedrich27@gmail.com

⁴ Doutora em Ciências: Química. UFFS. Professora. marlei.santos@uffs.edu.br

⁵ Doutora em Biologia: Bioquímica. UFFS. Professora. nessana.dartora@uffs.edu.br

⁶ Doutora em Ciências: Botânica. UFFS. Professora. carla.pelegrin@uffs.edu.br

inúmeros benefícios, tais como colheita fora de época, melhor controle de pragas e doenças, economia de insumos agrícolas e de água, e plantio de espécies de interesse (MATTOS et al. 2001). Nessa técnica, as perdas de água pela evaporação, comum nos cultivos convencionais, na qual depende da cobertura do solo, é praticamente reduzida à zero, como constatado por Dalmago et al. (2010).

São várias as condições que podem ser monitoradas e acompanhadas dentro do sistema de hidroponia, desde fatores climáticos, como a temperatura, a umidade relativa do ar e luminosidade. Fatores químicos também podem ser levados em consideração, onde o pH (Potencial Hidrogeniônico) da solução é o mais comum. Sendo assim, o monitoramento contínuo do clima no interior do ambiente permite acompanhar as condições reais deste ambiente (ZORZETO et al, 2014). A partir do conhecimento do comportamento dos elementos climáticos, fatores estes importantes para o desenvolvimento da planta, é possível obter os benefícios da hidroponia.

O uso de microcontroladores no sistema hidropônico permite que o monitoramento seja realizado acompanhando as condições de operação reais ao longo do tempo, utilizando sensores e atuadores. Algumas plataformas podem estar aliadas de forma automatizada, executando tarefas de forma repetitiva, destacando-se a plataforma Arduino. O Arduino é um sistema simples para aquisição de dados, de baixo custo de aquisição e manutenção e de fácil operação pelo usuário (CORREIA et al., 2016) e, a facilidade de programação, aliada ao fato de ser um dispositivo de código aberto, propicia a utilização nas mais diversas aplicações (MOTA et al., 2016).

Técnicas de cultivo hidropônico têm sido amplamente empregadas para investigar o processo de bioacumulação de metais nas raízes das plantas, pois em comparação com as investigações de campo, os experimentos hidropônicos são fáceis de conduzir, requerem menos tempo e espaço e envolvem baixa variabilidade ambiental (JUANG et al., 2012). Além disso, em geral, uma maior quantidade da substância contaminante está biodisponível para as plantas submetidas a esses sistemas de cultivo, permitindo uma avaliação mais adequada de sua tolerância ao contaminante.

A partir do exposto, o presente estudo objetiva investigar a aplicação do microcontrolador Arduino (modelo Arduino Uno) na aquisição de dados e no controle de luminosidade de um sistema hidropônico. Foram monitoradas a temperatura e a

umidade do ar do ambiente. O controle do fotoperíodo e da aeração da solução hidropônica foram implementados de forma a automatizar o sistema. O estudo do sistema proposto busca trazer um melhor entendimento da aplicabilidade da plataforma Arduino no cultivo hidropônico.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Para que o sistema hidropônico apresente bons resultados, deve-se levar em consideração alguns fatores que devem ser controlados (temperatura, luminosidade e umidade do ar) importantes para atingir os resultados esperados. Tais fatores podem ser controlados por microcontroladores, sensores e atuadores.

Quando a umidade do ar estiver muito abaixo do que o estabelecido, as plantas podem sofrer desidratação. Se a mesma estiver acima dos padrões, pode permitir que os cultivos estejam sujeitos a doenças. Se o controle do índice de umidade estiver fora dos padrões da cultura, pode acarretar em problemas no seu desenvolvimento. A umidade do ar é definida por Silveira (2014) como a razão entre o percentual (em número de moléculas) de água no ar pelo percentual que corresponde à saturação naquela temperatura do ambiente. Sendo assim, a umidade relativa do ar interfere diretamente na sensação térmica do ambiente.

A temperatura do ambiente é outro fator importante para o desenvolvimento das plantas. Se a temperatura estiver fora dos padrões que as plantas necessitam para se desenvolver, o crescimento das mesmas pode ser afetado, pois, quanto mais alta for a temperatura do ambiente, menos nutrientes as plantas irão absorver (GHIRALDINI, 2015).

A luminosidade ajuda a acelerar o processo de fotossíntese das plantas cultivadas, fazendo com que dentro do sistema hidropônico o desenvolvimento seja mais rápido. Existem projetos que utilizam LEDs invés de luzes fluorescentes convencionais, para o desenvolvimento do sistema hidropônico, pois as lâmpadas fluorescentes, além de não emitir muita radiação, acabam queimando as plantas. Lâmpadas LEDs possuem uma vida útil mais longa e uma economia de energia maior se comparadas com lâmpadas fluorescentes. Mesmo o LED possuindo um custo mais elevado que a lâmpada fluorescente, o retorno dos gastos acaba sendo mais rápido e pouco impactante devido à durabilidade e economia (ÉPOCA, 2014).

Com a utilização de sistemas automatizados é possível controlar e acompanhar o desenvolvimento das plantas, além de possibilitar o registro de dados e horários. O registro das condições ambientais é proporcionado através da utilização de sensores. Segundo Borges & Dores (2010), sensores são dispositivos que mudam seu comportamento sob a ação de uma grandeza física, fornecendo diretamente ou indiretamente um sinal que indica esta grandeza. Os sensores podem ser utilizados para realizar a medição de uma grandeza física do ambiente.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo tem natureza experimental e a implantação do experimento foi realizada no Laboratório da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus Cerro Largo*, no ano de 2021. A metodologia aplicada para o desenvolvimento desse trabalho segue o proposto por Friedrich et al. (2021).

Dessa forma, os materiais utilizados para a montagem da estrutura para o cultivo hidropônico foram: tábuas de madeira, lona preta de polietileno, parafusos, conjunto de mangueiras para aeração, compressor de ar, luminárias de LED, cabos elétricos, Arduino Uno, *Shield Data Logger* para Arduino Uno, cabo USB, sensor DHT22 (para temperatura e umidade do ar), sensor GY-30 (para luminosidade), módulo Wi-Fi modelo ESP8266, módulos relés 5V/10A, cartão de memória, bateria 3V para módulo de Arduino, caixa para abrigo do sistema automatizado, plug para tomada 03 pinos, bandejas plásticas, adesivo termoplástico (cola quente) e suportes de poliestireno.

A estrutura para a fixação das luminárias e das lonas foi montada em torno de uma bancada do laboratório (Ilustração 1A), utilizando madeira de pinus com espessura de 2,5 cm x 7 cm. A estrutura possui altura de 2,00 m, comprimento de 2,40 m e 0,70 m de largura, sendo fixada com parafusos e cola de madeira.

A temperatura do ambiente foi mantida próxima a 23 °C durante todo o experimento, com a utilização de um aparelho de ar-condicionado. Com o objetivo de impedir a passagem de iluminação externa, foi utilizada uma cobertura de lona preta de polietileno, sendo fixada na madeira com percevejos e fitas adesivas removíveis, permitindo assim o acesso às plantas quando necessário. No interior da estrutura foram instaladas oito luminárias de LED (Ilustração 1B), espaçadas para proporcionar uma iluminação uniforme, ficando 0,80 m acima da bancada.



Ilustração 1: Montagem do sistema hidropônico; (A) Estrutura em madeira; (B) Sistema de iluminação.

Fonte: Produção do pesquisador.

Para o cultivo das plantas foram dispostas bandejas plásticas de dimensões (28 x 19,5 x 7,5 cm) com capacidade de 3,5 L, contendo um suporte de poliestireno expandido, o qual foi perfurado para acomodar as plantas e mantê-las em contato com a solução nutritiva. As mangueiras acopladas ao compressor de ar foram adaptadas para realizar individualmente a aeração das soluções, em cada uma das bandejas destinadas ao cultivo hidropônico. Para diminuir o fluxo da aeração das mangueiras foi aplicado adesivo termoplástico quente em bastão na saída de ar e as mangueiras foram perfuradas na porção que ficou submersa na solução hidropônica. Para implementar o monitoramento automatizado do sistema, utilizou-se o microcontrolador Arduino Uno (Ilustração 2) juntamente com o módulo *Shield Data Logger* (para registro de dados). Para controlar o fotoperíodo de 12 horas diárias de luz programou-se o acendimento automático das luminárias às 6h e desligamento às 18h. A aeração da solução nutritiva foi realizada por meio do acionamento do compressor de ar, programado a cada 6 horas ao longo do dia (0 h, 6 h, 12 h e 18 h), com duração de acionamento de 2 minutos. Nesse sistema, relés e cabos elétricos fazem a conexão das luminárias e do compressor com a fiação elétrica do laboratório (Ilustração 3).

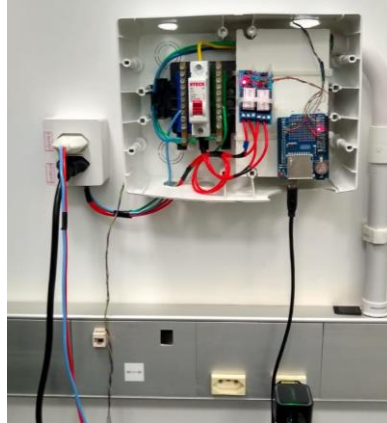


Ilustração 2: Microcontrolador Arduino Uno.

Fonte: Produção do pesquisador.

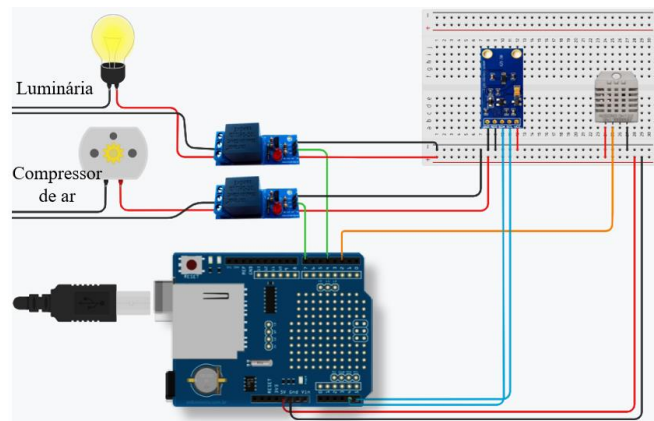


Ilustração 3: Esquema da configuração entre Arduino, sensores e equipamentos.

Fonte: Produção do pesquisador.

A temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade do ar (%) e a luminosidade (lux) do ambiente foram controlados por meio da programação dos sensores DHT22 para a temperatura e umidade do ar e GY-30 para a luminosidade, com registros horários. Os dados e o registro das funções realizadas foram armazenados no cartão de memória, incluindo data e hora. Para a programação, utilizou-se o *software* Arduino IDE 1.8.15, com as bibliotecas DHT.h, Wire.h, BH1750.h, RTCLib.h, SPI.h, SD.h, que são auxiliares à configuração dos sensores. Na Ilustração 4 é possível verificar o esquema de programação desenvolvido para executar as funções descritas.

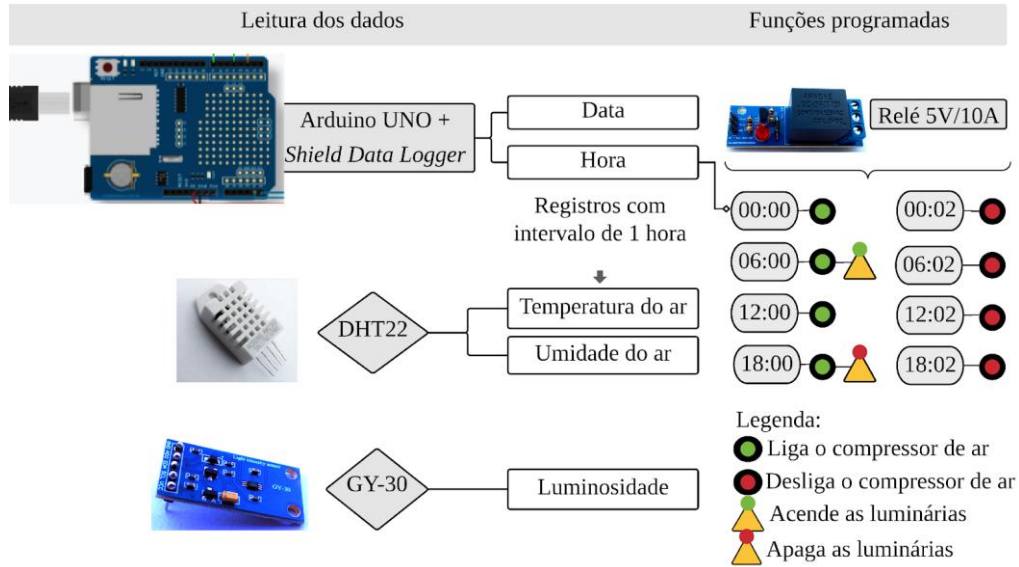


Ilustração 4: Fluxograma ilustrativo da programação do sistema.

Fonte: Produção do pesquisador.

Com o objetivo de acompanhar o funcionamento do sistema a distância, foi implementado um indicador do acionamento das lâmpadas, com monitoramento via *Wi-Fi*. O módulo proposto propicia que a informação da luminosidade seja registrada a cada 15 minutos e os usuários possam verificar de qualquer lugar o estado do experimento. O módulo *Wi-Fi* modelo ESP8266 e o sensor de luminosidade GY-30 foram configurados no Arduino Uno (Ilustração 5). As informações foram registradas na plataforma on-line Thingspeak (<https://thingspeak.com>).

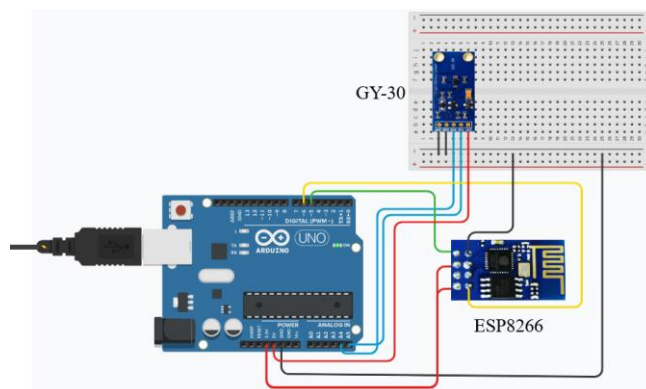


Ilustração 5: Esquema da configuração entre Arduino, sensor de luminosidade e módulo *Wi-Fi*.

Fonte: Produção do pesquisador.

A configuração do módulo *wi-fi* e do sensor de luminosidade foram executadas em uma plataforma Arduino independente dos demais sensores e módulos. Para a configuração, foram utilizadas as bibliotecas SoftwareSerial.h, Wire.h e BH1750.h.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema hidropônico foi construído para a implantação de experimentos com foco na fitorremediação. A estrutura foi utilizada para cultivar plantas de pequeno porte, em sistema de leito flutuante. Para o cultivo, foram disponibilizadas 20 bandejas de cultivo com 5 plantas inseridas em cada. O Arduino Uno com o módulo *Wi-Fi* foi instalado no interior do sistema hidropônico. O sensor de luminosidade e o sensor de temperatura e umidade do ar foram instalados no interior da estrutura de proteção do sistema hidropônico. Os dados relacionados com a temperatura do ar, umidade do ar e luminosidade foram registradas em um cartão de memória.

Com a finalidade de avaliar a tolerância à concentração de cobre e o potencial fitorremediador, foram cultivadas mudas de *Tridax procumbens*, uma planta herbácea da família Asteraceae. O experimento foi conduzido considerando a adição de Cu (Cobre) na solução nutritiva em doses crescentes de 0,235 (controle); 12,5; 25; 50 e 100 $\mu\text{mol L}^{-1}$. As plantas permaneceram na solução com Cu durante um período de aproximadamente 5 semanas (37 dias).

Os dados coletados com o sensor DHT22, instalado no sistema hidropônico, estão apresentados na Ilustração 6. O comportamento da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade do ar (%) foram registrados ao longo de 24 horas. No decorrer do experimento ocorreram algumas falhas no registro durante 12 dias. A temperatura ($^{\circ}\text{C}$) do ambiente não apresentou variações expressivas pois buscou-se manter em 23°C em ambiente climatizado, logo, apresentou registros médios de $19,8^{\circ}\text{C}$ a $24,3^{\circ}\text{C}$, e em média de $22,5^{\circ}\text{C}$. A umidade do ar apresentou registros entre 67,8% e 93,9% durante o período de experimento.

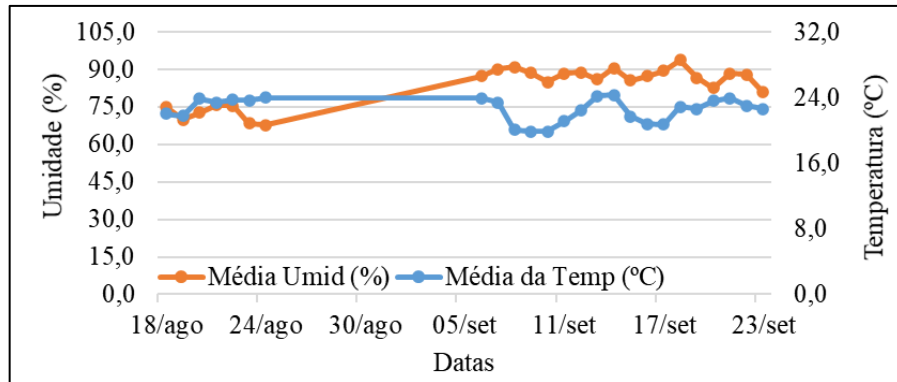


Ilustração 6: Médias diárias de temperatura e umidade do ar no período do experimento.

Fonte: Produção do pesquisador.

Na Ilustração 7 é possível verificar os dados obtidos através de sensores de luminosidade no interior do ambiente, permitindo, através da automação, a disponibilidade de 12 horas diárias de luz, com acendimento automático às 6h e desligamento às 18h. Os valores de luminosidade (lux) apresentados indicam as médias registradas durante as 12 horas de luz correspondente ao fotoperíodo para os cultivos. Apesar de ocorrer falhas no registro dos dados no período de 24 de agosto a 05 de setembro, a média de luminosidade foi de 1398,6 lux.

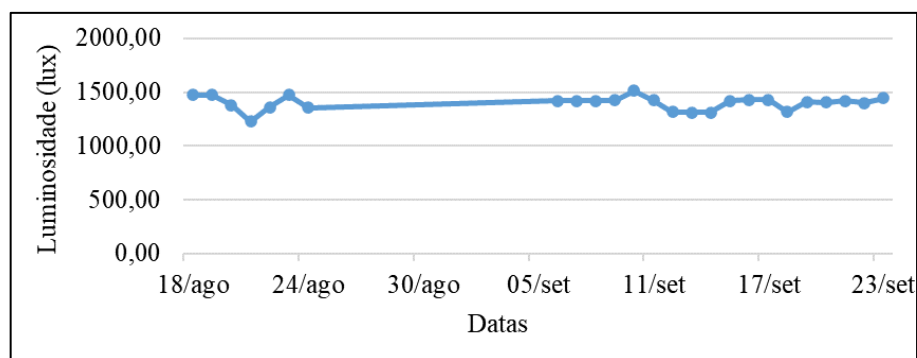


Ilustração 7: Média de incidência de luminosidade em fotoperíodo de 12 horas por dia.

Fonte: Produção do pesquisador

O sistema proposto também foi utilizado em um experimento que tem por objetivo avaliar a tolerância e o potencial de fitoextração ao Azul de Metileno. Desta forma, foram cultivadas no sistema hidropônico mudas de *Salvinia auriculata*, uma planta aquática da família Salviniaceae. Conforme pode ser observado na Ilustração

8, os registros de temperatura neste experimento obtiveram média de 23,6°C, com temperatura mínima de 21,6°C e máxima de 24,6°C durante o período de cultivo. Para os índices de umidade relativa do ar, a média ao longo do experimento foi de 71,9%, o índice de menor umidade foi 58,7%, e a maior 85%.

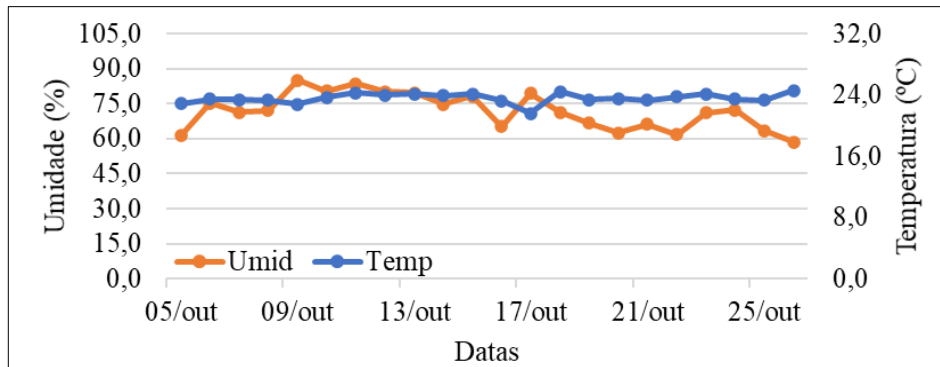


Ilustração 8: Médias diárias de temperatura e umidade do ar no período do experimento.

Fonte: Produção do pesquisador.

Na Ilustração 9 é possível verificar os registros obtidos através do sensor de luminosidade no sistema hidropônico. Os valores apresentados na Ilustração 9 indicam as médias registradas durante as 12 horas de luz correspondente ao fotoperíodo para os cultivos. Ocorreram algumas falhas no registro dos índices de luminosidade observados nos dias 14/outubro, 17/outubro e 18/outubro, apresentando média de 1142,17 lux nos dias com funcionamento adequado.

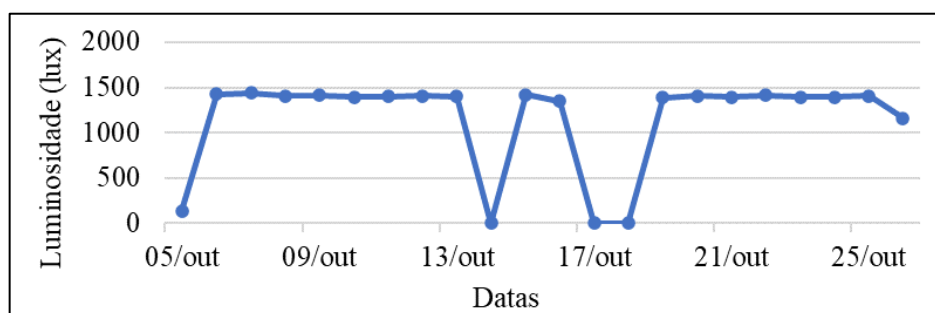


Ilustração 9: Média de incidência de luminosidade em fotoperíodo de 12 horas por dia no cultivo de *Salvinia auriculata*.

Fonte: Produção do pesquisador.

A partir de todos os registros obtidos para os experimentos executados, algumas falhas na automatização do sistema podem ser observadas, como atrasos ou interrupções de algumas funções. Apesar disso, o monitoramento e automatização dessas funções facilitaram consideravelmente o cultivo e mantiveram as plantas em boas condições de desenvolvimento durante os experimentos conduzidos.

CONCLUSÃO

O sistema de automação utilizando o microcontrolador Arduino Uno para o cultivo hidropônico proporcionou o acionamento das luminárias para controle de fotoperíodo de 12 horas diárias e acionamento do compressor para aeração da solução nutritiva. Foi possível o monitoramento das condições de temperatura (°C), umidade do ar (%) e da luminosidade (lux) a partir da programação dos sensores, com registros horários. Apesar de apresentar pequenas falhas de registro em alguns dias, o sistema facilitou o cultivo das espécies vegetais nos experimentos sobre fitorremediação, evitando o trabalho manual relacionado ao acionamento das luminárias, do compressor para aeração e da coleta de dados, na qual exigiria presença constante no local. Considera-se que o sistema de cultivo hidropônico aliado à automatização do mesmo apresentou bom desempenho ao longo dos dias de experimento mantendo os cultivos em boas condições de desenvolvimento, podendo ser utilizado como suporte para pesquisas futuras com hidroponia, a fim de otimizar o trabalho, reduzindo a manipulação frequente das plantas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFFS pelo auxílio financeiro através do projeto PES-2020-0439. Vanessa Marczewski agradece a bolsa de iniciação científica UFFS vinculada ao projeto PES-2021-0161. Thalía Lopes Friedrich agradece a bolsa de mestrado UFFS/CAPES.

REFERÊNCIAS

- BORGES, L. P.; DORES, R. C., **Automação predial sem fio utilizando bacnet/zigbee com foco em economia de energia**. 2010, 76f. Trabalho de conclusão de curso - Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação – UNB, Brasília, 2010.
- CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N. **Princípios de hidroponia**. Circular Técnica, Embrapa Hortaliças. Brasília, 2000.
- CORREIA, G. R.; ROCHA, H. R. O.; RISSINO, S. D. Automação de sistema de irrigação com monitoramento via aplicativo Web. **Engenharia na Agricultura**, v. 24 n. 4, p. 314-325, 2016.
- DALMAGO, G. A.; BERMASCHI, H.; KRÜGER, C. A. M. B.; BERGONCI, J. I.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Evaporação da água na superfície do solo em sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 45, n. 8, p. 780-790, 2010.
- ÉPOCA. **Led faz crescer verduras de boa qualidade como nenhuma outra tecnologia**. Época: Inspiração para inovar negócios, ago. 2014. Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Caminhos-para-o-futuro/Energia/noticia/2014/08/led-faz-crescer-verduras-de-boa-qualidade-como-nenhuma-outra-tecnologia.html>> Acesso em: 10 de abril de 2022.
- FRIEDRICH, T. L.; CASSOL, F.; DARTORA, N.; SANTOS, M. V. dos. Construção de um sistema de cultivo hidropônico com monitoramento automatizado. In: **Anais do I Simpósio de Pós-Graduação do Sul do Brasil**, v. 1, n.1, 2021.
- GHIRALDINI, A. **Temperatura alta – Grande problema em Hidroponia**. 2015. Disponível em: <<http://inteliagro.com.br/%CE%B4t-um-dos-principais-problemas-nahidroponia/>>. Acesso em: 12 de abril de 2022.
- JUANG, K. W.; LEE, Y. I.; LAI, H. Y.; WANG, C. H.; CHEN, B. C. Cooper accumulation, translocation and toxic effects in grapevine cuttings. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 19, n. 4, p. 1315-1322, 2012.
- MATTOS, KAREN; ANGELOCCI, L. R.; FURLANI, P. R.; NOGUEIRA, M. C. S. Temperatura do ar no interior do canal de cultivo e crescimento da alface em função do material de cobertura da mesa de cultivo hidropônico-NFT. **Bragantia**, v. 60, n. 3, p. 253-260, 2001.
- MOTA, W. N.; MIRANDA, R. F.; CASAROLI, D.; ALVES JÚNIOR, J.; MESQUITA, M. Construção de um linígrafo de baixo custo com a plataforma Arduino. **Engenharia na Agricultura**, v. 24, n. 6, p. 523-530, 2016.
- SALA, F. C., COSTA, C. P. Retrospectiva e tendências da alfacecultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, v.30, pp. 187-194, 2012.

SILVEIRA, Fernando L. **Umidade relativa: o que é e como se determina?**. UFRGS, Instituto de Física. fev.2014. Disponível em <<https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=umidade-relativa-o-que-e-e-como-se-determina>>. Acesso em: 10 de abril de 2022.

ZORZETO, T. Q.; LEAL, P. A. M.; NUNES, E. F.; ARAÚJO, H. F. Homogeneity of temperature and relative humidity of air in greenhouse. In: 2nd International Conference on Agriculture and Biotechnology. **Singapore: IPCBEE**, v. 79, p. 25-29, 2014.