

SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE SENSORES PARA HORTAS HIDROPÔNICAS

RAQUEL C. VIANA¹, FABIANO TADEU MATHIAS COSTA²

¹ Estudante de Eng. de Controle e Automação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Catanduva, (17) 3524-9710, viana.r@aluno.ifsp.edu.br

² Professor Doutor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Catanduva, (17) 3524-9710, fabiano.tmc@ifsp.edu.br

Apresentado no
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

RESUMO: O monitoramento de sistemas hidropônicos permite o aumento da produção de alimentos e racionaliza o consumo de água e energia. Assim, propõe-se a análise e seleção dos principais sensores para monitorar a produção de um cultivo hidropônico. O método de Penman-Monteith foi aplicado para estabelecer as grandezas que influenciam na produção hidropônica. A seleção dos sensores considerou o modelo de evapotranspiração, o custo, a durabilidade, a disponibilidade no mercado, a facilidade de comunicação com um microcomputador e a possibilidade de instalação na horta. Foram obtidas as respostas dos sensores de pH, condutividade elétrica e fluxo por meio de processos de medição realizados diretamente em uma horta hidropônica desenvolvida para o cultivo de alface. Os resultados das medições foram apresentados em conjunto com as incertezas padrão. Os sensores selecionados atendem os requisitos estabelecidos e estão em conformidade com o método de Penman-Monteith, o que contribui para o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de baixo custo que deve atender as necessidades de pequenos produtores agrícolas.

PALAVRAS-CHAVE: Hidroponia, Monitoramento, Evapotranspiração.

SELECTION AND EVALUATION OF SENSORS FOR HYDROPONIC GARDEN

ABSTRACT: Monitoring hydroponic systems allows for increased food production and rationalizes water and energy consumption. Thus, it is proposed the analysis and selection of the main sensors to monitor the production of a hydroponic crop. The Penman-Monteith method was applied to establish the quantities that influence hydroponic production. The selection of sensors considered the evapotranspiration model, cost, durability, availability on the market, ease of communication with a microcomputer and the possibility of installation in the garden. The responses of the pH, electrical conductivity and flow sensors were obtained through measurement processes carried out directly in a hydroponic garden developed for the cultivation of lettuce. Measurement results were presented together with standard uncertainties. The selected sensors meet the established requirements and comply with the Penman-Monteith method, which contributes to the development of a low-cost monitoring system that should meet the needs of small agricultural producers.

KEYWORDS: Hydroponics, Monitoring, Evapotranspiration.

INTRODUÇÃO: Em cultivos hidropônicos, o sistema NFT (*Nutrient Film Technique* - Fluxo Laminar de Nutrientes) é a técnica na qual a solução nutritiva circula em canais de cultivo para nutrir as raízes das plantas, e confere maior produtividade e melhor controle das variáveis climáticas e nutricionais (BARON, 2019). Como a solução nutritiva deve ser adequada ao tipo de cultivo e conter os nutrientes fundamentais, deve-se efetuar a frequente avaliação da condutividade elétrica e do pH, bem como, realizar o controle da vazão (SOUZA, *et. al*, 2016).

O controle da vazão da solução nutritiva pode ser realizado por meio da verificação das necessidades da cultura, avaliando as variáveis disponibilizadas por meio do método de estimativa da evapotranspiração de Penman-Monteith (MOURA *et. al.*, 2010).

A verificação das necessidades de uma horta hidropônica pode ser feita por meio da aplicação de sensores, sistemas de aquisição de dados e microcomputadores (DOMINGOS, 2019). Apesar da coleta de dados em uma produção hidropônica contribuir para a tomada de decisão e aumento da produtividade, os sistemas de automação comerciais para hortas hidropônicas apresentam um alto custo, o que dificulta a sua implementação nas hortas de pequenos produtores (BARON, 2019).

Assim, propõe-se a seleção e avaliação de sensores que permitam a aplicação do método de Penman-Monteith, e por consequência, que possam monitorar as necessidades da cultura hidropônica. Os sensores devem atender as necessidades de pequenos produtores, priorizando baixo custo, disponibilidade no mercado, durabilidade e facilidade de instalação.

MATERIAL E MÉTODOS: Para desenvolvimento do estudo foram identificadas as grandezas de entrada para o método de Penman-Monteith, equação (1), aplicado para estimar a evapotranspiração de uma cultura hidropônica (MOURA *et. al.*, 2010).

$$LE_0 = ((\Delta(R_n - F)) + \rho_{ar} * C_{ar} * (e_s - e_a/r_a)) / (\Delta + \gamma * (1 + r_s/r_a)) \quad (1)$$

em que,

LE_0 - evapotranspiração (fluxo de calor latente);

Δ - derivada da curva de pressão de saturação do vapor de água versus temperatura;

R_n - saldo de radiação;

γ - coeficiente psicrométrico;

ρ_{ar} - densidade do ar;

C_{ar} - calor específico do ar;

e_s - pressão de saturação de vapor;

e_a - pressão atual do vapor;

r_a - resistência ao fluxo de calor sensível;

r_s - resistência de superfície da cultura;

F - fluxo de calor sensível.

A curva de pressão por temperatura, o coeficiente psicrométrico e a resistência ao fluxo de calor sensível são parâmetros obtidos teoricamente (MOURA, *et. al.*, 2010). A radiação solar pode ser obtida por meio de sensores ou pelo método proposto por Hargreaves-Samani, que depende dos fatores: radiação solar no topo da atmosfera, da distância relativa da Terra ao Sol, do ângulo de radiação no período do pôr-do-sol, e da declividade solar (LÊDO *et. al.*, 2012).

Com base no método de Penman-Monteith foram definidos os sensores aplicados na horta e obtidas as respostas dos sensores de pH, condutividade elétrica e de fluxo. O processo de obtenção de respostas dos sensores de pH e condutividade elétrica no sistema foi realizado com o preparo de três soluções nutritivas: a primeira somente com água, a segunda com 50% de nutrientes (6,60 g da solução A e 5,94g da solução B) e a terceira com 100% de nutrientes (13,2 g solução A e 11,88 g da solução B).

Os nutrientes que compõem a solução A são: nitrato de potássio e cálcio, fosfato de monoatômio e sulfato de magnésio. Os nutrientes que compõem a solução B são: sulfato de zinco, cobre e manganês, ácido bórico e molibdato de sódio. Para o sensor de fluxo foi utilizado um recipiente com volume conhecido, um cronômetro e um sistema de bombeamento.

As respostas obtidas pelas leituras dos sensores foram avaliadas para determinar a média e a incerteza padrão do Tipo A de cada grupo de valores. A incerteza de medição está associada ao

resultado de uma medição, definida como um parâmetro não negativo que indica a dispersão dos valores atribuídos ao mensurando (INMETRO, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Foi realizada a avaliação do método de Penman-Monteith, e assim, determinados os sensores responsáveis pela leitura das grandezas essenciais, como: pH, a condutividade elétrica, a temperatura e nível da solução nutritiva, a temperatura e umidade do ambiente, a velocidade do ar e a luminosidade incidente. As grandezas e os sensores selecionados estão na tabela 1.

Tabela 1. Sensores selecionados e avaliados.

| Grandeza avaliada | Sensores definidos |
|---|---------------------------------------|
| pH da solução nutritiva | Módulo pH 4502C |
| Condutividade elétrica da solução nutritiva | Módulo condutividade elétrica TDS |
| Temperatura da solução | Sensor temperatura da solução DS18B20 |
| Nível do tanque da solução nutritiva | Sensor de nível (2 unidades) |
| Fluxo de circulação da solução nutritiva | Sensor de fluxo YF-S201 |
| Umidade e temperatura do ambiente | Sensor umidade/temperatura DHT22 |
| Luminosidade incidente | Sensor LDR |
| Velocidade do vento | Sensor anemômetro ANST1 |

Com a seleção dos sensores, foi definido o microcomputador Raspberry Pi 3B para realizar a comunicação e leitura de dados. Para cada sensor foi desenvolvido um circuito elétrico para comunicação com o microcomputador.

O sistema para realizar a circulação da solução nutritiva foi composto por uma bomba submersa e um módulo PWM, para efetuar o controle de rotação da bomba.

A radiação solar foi estimada em 14,0705 MJ/m²dia. Também foi proposto o piranômetro MS-40 para determinação da radiação solar que se adequa ao método de Penman-Monteith.

O custo total dos sensores avaliados, sem o piranômetro proposto, é de R\$ 551,19, e com o piranômetro de R\$ 6.501,19. Com o Raspberry Pi 3B, sem piranômetro, o custo é de R\$ 851,09, e com o piranômetro de R\$ 6.801,09. No mercado é possível encontrar kits de desenvolvimento, para monitoramento e controle de hortas hidropônicas, com custo a partir de R\$ 1.875,00. As respostas obtidas pela leitura dos sensores na horta hidropônica estão nas tabelas 2 a 7.

Tabela 2. Dados do ensaio com sensor pH.

| | Amostras [pH] | | | Média [pH] | Incerteza Padrão [pH] |
|----------|---------------|-------|-------|------------|-----------------------|
| Ensaio 1 | 12,17 | 12,05 | 12,08 | 12,10 | 0,03 |
| Ensaio 2 | 7,16 | 7,22 | 7,23 | 7,20 | 0,02 |
| Ensaio 3 | 6,90 | 6,95 | 6,99 | 6,95 | 0,02 |

Tabela 3. Dados do ensaio com sensor de condutividade elétrica.

| | Amostrar [ppm] | | | Média [ppm] | Incerteza Padrão [ppm] |
|----------|----------------|------|------|-------------|------------------------|
| Ensaio 1 | 489 | 492 | 489 | 490,00 | 0,82 |
| Ensaio 2 | 852 | 849 | 855 | 852,0 | 1,4 |
| Ensaio 3 | 1364 | 1367 | 1367 | 1366,00 | 0,82 |

Tabela 4. Avaliação do sensor de fluxo no sistema com vazão de 0,5 L/min.

| Vazão [L/min] | Incerteza Padrão [L/min] | Representação [L/min] |
|---------------|--------------------------|-----------------------|
| 2,5610 | 0,0069 | V = 2,5610 (0,0069) |

Tabela 5. Avaliação do sensor de fluxo no sistema com vazão de 1 L/min.

| Vazão [L/min] | Incerteza Padrão [L/min] | Representação [L/min] |
|---------------|--------------------------|-----------------------|
| 5,118 | 0,016 | V = 5,118 (0,016) |

Tabela 6. Avaliação do sensor de fluxo no sistema com vazão de 1,5 L/min.

| Vazão [L/min] | Incerteza Padrão [L/min] | Representação [L/min] |
|---------------|--------------------------|-----------------------|
| 7,668 | 0,022 | V = 7,668 (0,022) |

Tabela 7. Avaliação do sensor de fluxo no sistema com vazão de 2 L/min.

| Vazão [L/min] | Incerteza Padrão [L/min] | Representação [L/min] |
|---------------|--------------------------|-----------------------|
| 10,255 | 0,034 | V = 10,255 (0,034) |

CONCLUSÕES: Foi possível avaliar e selecionar os sensores por meio do método de Penman-Monteith. Os sensores selecionados apresentam baixo custo, durabilidade, disponibilidade no mercado e facilidade de comunicação e instalação em hortas hidropônicas de pequenos produtores agrícolas.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Catanduva e ao CNPq pela bolsa PIBITI que possibilitaram o desenvolvimento deste projeto.

REFERÊNCIAS: BARON, L. C. **Avaliação da viabilidade técnica de dispositivos de baixo custo para automação de um sistema hidropônico NFT.** 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.

DOMINGOS, A. S. **Sistema de monitoramento de cultivo hidropônico.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Telecomunicações) – Instituto Federal de Santa Catarina, São José, 2019.

INMETRO. **Vocabulário internacional de metrologia:** conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012). Duque de Caxias: Inmetro, 2012. 81 p. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim_2012.pdf. Acesso em: 10 abri. 2021.

LÊDO, E. R. F. *et. al.* Avaliação de modelo de estimativa da radiação solar global (Rs) com base na amplitude térmica. **Conexão, Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 1, p. 15-26, mar. 2012. Disponível em: <http://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/download/478/317>. Acesso em: 21 mai. 2021.

MOURA, C. R. W. *et. al.* Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração horária para alface cultivada em sistema hidropônico em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 4, p. 646-656, jul./ago. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/eagri/v30n4/09.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2021.

SOUZA, A. S. *et. al.* Horta hidropônica automatizada por microcontrolador. *In: MOSTRA NACIONAL DE ROBÓTICA*, 6., 2016, Bahia. **Anais eletrônicos [...]**. Bahia: MNB, 2016. Disponível em: <http://sistemaolimpico.org/midias/uploads/2c3cccd6cfd5f9474e2f544f360e1aeb.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2021.