

## DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA EMBARCADO DE BAIXO CUSTO PARA AUTOMATIZAÇÃO DO MANEJO DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

PEREIRA, Lourivaldo Barreto<sup>1</sup>

SANTOS, Marcelo Rocha dos<sup>2</sup>

**RESUMO:** Desenvolvimento de um sistema especialista, aplicado à irrigação de precisão. Trata-se de um sistema especialista que faz a aquisição e processamento de variáveis climáticas, obtidas por meio de uma estação meteorológica integrada e, a partir da inserção da localização geográfica, dados da cultura e sistema de irrigação, utiliza o método Penman-Monteith para determinar a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), o tempo de irrigação e o acionamento automático e programado do conjunto motobomba para manejo da irrigação localizada por gotejamento ou microaspersão. Os sensores utilizados foram calibrados por regressão linear a partir da estação automática do Instituto Federal Baiano, *campus* Guanambi. Os resultados indicaram que a ET<sub>o</sub> estimada apresentou índice de concordância  $d = 0,89$ , índice de desempenho  $c = 0,80$ , com subestimativa de 6,9% e exatidão de 75% quando comparada ao método Penman-Monteith FAO 56.

**Palavras-chave:** Agrometeorologia. Arduino. Automatização. Eletrônica. Irrigação de precisão.

### 1 INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada é caracterizada pelo aparato necessário ao provimento parcial ou total de água para as plantas e concentra o maior uso da água no Mundo. No Brasil, a irrigação apresentou crescente expansão a partir da década de 1970, inclusive em regiões com clima desfavorável, impulsionada por estímulos governamentais e financiamentos (ANA, 2019).

O uso racional da água na irrigação é um fator importante a ser considerado em qualquer sistema de produção, visto que pode proporcionar aumento de produtividade e redução de gastos com implantação, manutenção, desperdício de água e de energia elétrica (COELHO *et al.*, 2000).

A fase de desenvolvimento da cultura determina a sua necessidade hídrica e, por meio da determinação da evapotranspiração da cultura em um intervalo de tempo,

<sup>1</sup> Mestre em Produção Vegetal no Semiárido, e-mail: lourivaldopereira@gmail.com

<sup>2</sup> Professor do IF Baiano, campus Guanambi, e-mail: marcelo.rocha@ifbaiano.edu.br.

é possível determinar a quantidade diária de água que deve ser reposta pela irrigação nesse mesmo intervalo, denominado de turno de rega (BASTOS *et al.*, 2005).

Outro fator a ser considerado no manejo da irrigação, é o momento certo e a intensidade ideal da lâmina a ser aplicada, o que resulta em economia de recursos com mão de obra, insumos e aumento da produtividade, através da relação solo-água-planta-clima (SIMÃO *et al.*, 2004). Na adoção de um manejo adequado, pode-se muitas vezes, economizar tempo de operação, ao se utilizar o sistema de irrigação com tempo inferior ao que inicialmente foi projetado (SILVA *et al.*, 1996).

A irrigação localizada constitui-se em um dos métodos de irrigação mais propícios à realização do manejo da irrigação e proporciona maior eficiência no uso da água e da adubação, no controle fitossanitário, maior produtividade, adaptação às variações de solo e topografia, maior adaptação tanto a solos salinos quanto à utilização de água salina, além de proporcionar menos gastos com mão de obra, em virtude de serem sistemas fixos (BERNARDO *et al.*, 2005).

A automação da irrigação possibilita irrigar com base na demanda hídrica da cultura, proporcionando otimização da produção, redução de custos e dos impactos ambientais, ao proporcionar o uso racional da água (CARVALHO *et al.*, 2015).

O sistema desenvolvido, é composto por uma estação meteorológica (Figura 1), equipada com sensor de temperatura e umidade relativa do ar atmosférico, anemômetro de três conchas, e pluviômetro; uma plataforma de coleta e processamento de dados; transdutor de pressão para monitoramento da pressão de operação da irrigação; central de atuadores responsável pelo acionamento dos atuadores da irrigação, e do sistema de alerta sonoro e/ou luminoso; painel solar, controlador de carga e bateria.

**Figura 1** - Estação Meteorológica

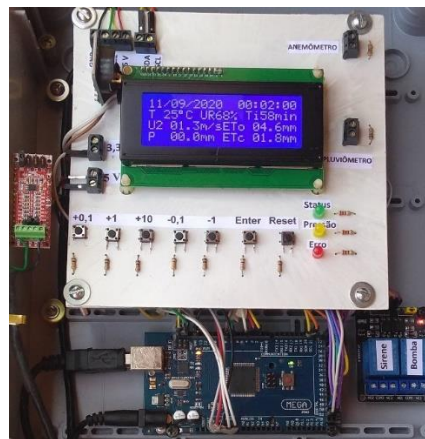


Fonte: Elaboração do autor, 2022.

Os atuadores da irrigação, podem ser válvulas, motobombas, acionadores elétricos, eletrônicos, eletromagnéticos, pneumáticos ou qualquer outro dispositivo que atenda a necessidade para acionamento da irrigação.

Todos os sensores e componentes do sistema, são integrados a uma placa Arduino, modelo Mega, que juntos, formam a plataforma de coleta e processamento de dados (*datalogger*) (Figura 2), que é responsável por efetuar a leitura das variáveis envolvidas no processo, realizar as devidas inferências e acionar a central de atuadores, que por sua vez, aciona os atuadores da irrigação e, caso haja interrupção da irrigação por alterações na pressão de operação, a central de atuadores aciona também o sistema de alerta.

**Figura 2** - Plataforma para coleta e processamento de dados (*datalogger*)



Fonte: Elaboração do autor, 2022.

## 2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – IF Baiano – Campus Guanambi, Estado da Bahia, tendo como coordenadas, Latitude 14°17'27" S e Longitude 42°46'53" O e Altitude de 544 metros. O clima da região é semiárido com precipitação pluviométrica anual média de 680 mm e temperatura média anual de 26 °C, sendo as chuvas concentradas nos meses de novembro a março (SANTOS *et al.*, 2019).

Para validação, os dados processados e armazenados pelo datalogger foram comparados por meio de análise de regressão linear, que, segundo Hoffmann (2015),

torna-se necessária quando se deseja analisar os efeitos que uma variável pode exercer sobre a outra, mesmo que não estejam regidas por relação causal.

A ETo obtida pelo datalogger, foi determinada a partir do método Penman-Monteith FAO 56 e teve seus valores comparados com os valores medidos e obtidos a partir da estação automática do IF Baiano, para determinação o grau de concordância.

As variáveis foram comparadas por índices estatísticos, a partir da análise de regressão - coeficiente de determinação " $r^2$ ", índice de concordância "d" (Willmott *et al.* (1985), índice de desempenho "c", raiz quadrada do erro quadrático médio (RMSE) e erro médio da estimativa (MBE), conforme Zacharias *et al.* (1996) e Camargo e Sentelhas *et al.* (1997).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sensor de temperatura e umidade relativa do ar atmosférico, apresentou, em relação ao sensor da estação automática, para o registro de temperaturas, coeficiente de determinação  $r^2 = 0,92$ . Em valores absolutos, e com precisão de uma casa decimal, foram apresentados 36,4 °C; 19,7 °C e 26,4 °C, ao passo que a estação automática do IF Baiano registrou 36,2 °C; 19,8 °C e 26,0 °C para temperaturas máxima, mínima e média, respectivamente. Para registro de umidade relativa do ar atmosférico, obteve-se 99,9%, 32,2% e 72%, ao passo que a estação automática do IF Baiano registrou 97%, 36% e 72 para UR máxima, mínima e média, respectivamente, o que representou coeficiente de determinação  $r^2 = 0,90$ .

Quando calibrado, o anemômetro instalado na estação meteorológica do sistema desenvolvido, apresentou coeficiente de determinação  $r^2 = 0,99$  em relação à estação automática do IF Baiano.

Na estimativa da radiação solar (Rs), com kRs = 0,16, obteve-se coeficiente de determinação  $r^2 = 0,48$ , RMSE = 4,52 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>; MBE = 2,18 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>; índice "d" = 0,70 e "c" = 0,49, que segundo o critério de interpretação, indica que o resultado foi classificado como "mau".

A estimativa de Rs produzida pela estação meteorológica experimental se mostrou pouco eficiente com baixos valores para  $r^2$ , no entanto, o resultado não é conclusivo, visto que o período de análise foi de apenas seis meses.

Para análise da ETo estimada pelo datalogger da estação experimental, foi realizada a verificação da existência de relação linear, com a geração de um modelo de regressão entre as variáveis mensuradas pelas duas estações por meio da realização de testes *t* de *student*, com nível de significância de 95% ( $\alpha = 0,05$ ), para 77 graus de liberdade.

A ETo determinada pelo datalogger da estação experimental apresentou índice de concordância “d” de Willmott igual a 0,89, o que representou ótima exatidão em relação aos valores obtidos a partir da estação automática do IF Baiano.

O modelo estimado apresentou índice de desempenho “c”= 0,80, indicando desempenho de confiabilidade “muito bom”, a partir do critério de interpretação do desempenho da ETo.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que o sistema construído, atende os objetivos propostos, com ótimo desempenho na determinação da evapotranspiração de referência, evapotranspiração da cultura e tempo de irrigação.

O sensor utilizado para monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar atmosférico apresenta ótima precisão e exatidão.

É possível calibrar o anemômetro sem a utilização de túnel de vento, apenas com a correlação com o anemômetro da estação meteorológica automática do IF Baiano.

A estimativa da Rs apresenta baixa correlação, com grande dispersão dos valores analisados e baixa exatidão, mesmo assim, os valores obtidos para estimativa da ETo são satisfatórios.

O datalogger construído, apresenta excelentes resultados na determinação da ETc e Ti, bem como no acionamento e interrupção programada do conjunto motobomba.

A plataforma de prototipagem Arduino, modelo Mega, consegue, com baixo custo, suprir a demanda de software e hardware do projeto e, portanto, atende as necessidades impostas pela pesquisa na aquisição de temperatura e umidade relativa do ar atmosférico, velocidade do vento e precipitação pluviométrica.

O conjunto proposto, permite integrar as variáveis climáticas com as equações necessárias à determinação da ETo, ETc e tempo de irrigação para as configurações de gotejamento e microaspersão, bem como, monitorar a pressão de trabalho durante a execução da irrigação.

## REFERÊNCIAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil / Agência Nacional de Águas**. - Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/ usos-da-agua/irrigacao/irrigacao-1>>. Acesso em 26 de maio de 2020.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S.; SOUSA, V. F. **Manejo de irrigação**. Teresina: Embrapa Meio-Norte. p. 54, 2005.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 7. ed. Viçosa: Editora UFV, 2005. 611 p.

CAMARGO, A. P; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativas da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

CARVALHO, D. F.; GOMES, D. P.; GONÇALVES, F. V.; BATISTA, S. C. O.; MEDICI, L. O. **Irrigação automatizada com um acionador de baixo custo**. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 25., 2015, São Cristóvão. Anais, São Cristóvão: ABID: Universidade Federal de Sergipe, 2015b, p. 929-934.

COELHO, E. F.; Coelho, E. F.; SOUSA, V. F.; A. N.; A. D. O.; OLIVEIRA, A. S. **Manejo de irrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA-CNPMF, 2000. 48p. (EMBRAPA-CNPMF, Circular Técnica, 40).

HOFFMANN, R. **Análise de regressão: uma introdução à econometria**. - Piracicaba: ESALQ/USP, 2015. 393 p.

SANTOS, M. R.; DONATO, S. L. R.; MAGALHAES, D. B.; COTRIM, M. P. Precocity, yield and water-use efficiency of banana plants under planting densities and irrigation depths, in semiarid region. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Online)**, v. 49, p. e53036, 2019.

SILVA, E. M.; PINTO, A. C. Q.; AZEVEDO, J. A. **Manejo de irrigação e fertirrigação na cultura da mangueira**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 77p.

SIMÃO, A. H.; MANTOVANI, E. C.; SIMÃO, F. R. **Irrigação e fertirrigação na cultura da mangueira**. In: ROZANE, D. E. DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.;

AGUILERA, G. H. A.; ZAMBOLIM, E. Manga: produção integrada, industrialização e comercialização. Viçosa: UFV, p. 233-302, 2004.

WILLMOTT, C. J., CKLESON, S. G., DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; ROWE, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**. Ottawa, v. 90, n. C5, p. 8995-9005, 1985.

ZACHARIAS, S.; HEATWOLE, C. D.; COAKLEY, C. W. **Robust quantitative techniques for validating pesticide transport models**. Transactions of the ASAE, v. 39, n. 1, p. 47-54, 1996.