

CONTROLE DE MALHA FECHADA PARA IRRIGAÇÃO DE PRECISÃO

Francisco José Firmino Canafístula¹; Adunias dos Santos Teixeira²; Renato Sílvia da Frota Ribeiro²; Rubens Sonsol Gondim³; Fábio Rodrigues de Miranda³

RESUMO: Este trabalho apresenta o desenvolvimento, instalação e teste de um sistema de aquisição e controle de irrigação. O sistema de aquisição de dados é composto por sensores tipo watermark e um datalogger comercial. O controle da irrigação é efetuado utilizando hardware e software para controle em loop fechado. O objetivo do controle é manter o potencial matricial da água no solo em um nível pré-determinado. A instalação foi efetuada com sucesso e a etapa de testes, aquisição de dados e ajustes está em andamento.

Palavras-chave: sensor, controlador, irrigação.

CLOSED LOOP FEEDBACK CONTROL FOR PRECISION IRRIGATION

SUMMARY: This paper presents the development, setup and test of a system for data acquisition and irrigation control. The data acquisition system is comprised of watermark sensors and a data logger. The control component is made of hardware and software for a feedback loop control. The goal is to maintain a soil water matrix potential in a pre-defined value.

Keywords: sensor, controller, irrigation

INTRODUÇÃO

Apesar de décadas de domínio da tecnologia do manejo de aplicação de água na agricultura irrigada, até hoje não se observa o comprometimento dos produtores e irrigantes nessa tão importante etapa do processo de irrigação. Provavelmente, a causa desse problema estaria relacionada à um maior requerimento de capacitação, e principalmente devido ao aumento de informações e decisões necessárias. O que advém desse problema é geralmente o excesso de água aplicada, maior consumo de energia, contaminação das águas subterrâneas e do ambiente, salinização dos solos, redução de produção e em algumas vezes o fracasso total do empreendimento. De modo a solucionar este problema propusemos a utilização da automação dos sistemas de irrigação. O objetivo deste trabalho foi apresentar um sistema automático de aquisição de dados e controle desenvolvido e instalado visando efetuar o manejo da irrigação em um campo experimental de bananeira irrigada.

O sensor utilizado para a medida da resistência elétrica do solo é constituído basicamente de dois eletrodos inseridos em um bloco poroso, que pode ser de gesso, nylon ou fibra de vidro (Klar, 1988). A umidade do solo é medida em função da resistência do solo à passagem de uma corrente elétrica, sendo a resistência obtida de forma indireta, utilizando-se a Lei de Ohm e uma ponte de Wheatstone. Sendo assim, solos úmidos oferecem menor resistência que solos secos.

¹ Físico – Univ. Federal do Ceará, DENA, Bloco 804 – Campus do Pici, 85 40089765 – firmino@dee.ufc.br

² Professor Adjunto, Ph.D., Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

³ Pesquisador – Embrapa – CNPAT, Fortaleza, CE.

Segundo Yoder et. al. (1998), a faixa de umidade do solo medida com este aparelho vai de 10 kPa a 1500 kPa, intervalo entre capacidade de campo e ponto de murcha permanente, respectivamente.

Segundo Miranda e Pires (2001), a grande vantagem deste método seria a sua praticidade e rapidez na determinação da umidade.

Trotter (1984) faz em relação à importância de se fazer à calibração, identificando que esta serve para remover duas fontes de erro muito importantes, que seriam a não linearidade da envergadura e a repetitividade do offset. A importância da adequação do projeto eletrônico permite eliminar duas outras fontes de erro, ruído eletrônico e sensibilidade de saída da tensão de excitação. Segundo o autor, o ruído pode ser reduzido por filtragem ou pelo uso de um conversor analógico digital integrado, e a sensibilidade de saída da tensão é conseguida escolhendo uma fonte de tensão com regulador de tensão, com suficiente estabilidade de temperatura e de tempo.

Várias estratégias de controle tem sido implementadas nos últimos anos, dentre elas destacam-se os trabalhos de Phene (1989) usando retroalimentação visando manter um conteúdo de água constante no solo, e Ribeiro e Yoder (1997) que utilizaram controle baseado em inteligência artificial de modo a imitar o critério humano de tomada de decisões.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS E CONTROLE

O monitoramento do potencial de água no solo é feito através de um sistema de aquisição de dados. São utilizadas 16 baterias de sensores, onde cada bateria é formada por três sensores, instalados a profundidade de 10cm, 30cm e 50cm. Temos então 04 tratamentos e 04 repetições perfazendo o total de 48 sensores de umidade do solo. Como esses sensores são sensíveis às variações da temperatura houve necessidade de monitorar também essa grandeza para os três níveis de profundidade de instalação dos sensores de umidade, através de sensores de temperatura instalados na área.

O sistema de aquisição de dados, realizava o processamento dos dados obtidos dos sensores de acordo com algoritmo projetado e em seguida fazia o controle de irrigação de modo automático conforme a necessidade da cultura. Na Figura 1 é apresentado o diagrama esquemático do sistema.

Algoritmo de Controle

O processamento do sistema tinha início na aquisição dos valores de umidade e temperatura, em graus Celsius, obtidos dos sensores a 10, 30 e 50cm. A umidade era medida de maneira indireta a partir da resistência elétrica dos sensores em ohms. A seguinte equação era utilizada para calcular o valor do potencial matricial do solo em kPa:

$$PMS = (2,678 + 0,003892 * R * 1000) / (1 - 0,01201 * T)$$

onde: PMS = potencial matricial do solo em kPa; R = resistência elétrica em ohms; T = temperatura em °C.

Os valores obtidos dos sensores, 4 para cada tratamento, eram comparados entre si para a tomada de decisão do sistema de acordo com os seguintes passos:

- Se o PMS em 3 dos sensores do tratamento 1, profundidade 10cm é ≥ 15 kPa, liga bomba 1;
- Se o PMS em 3 dos sensores do tratamento 2, profundidade 10cm é ≥ 30 kPa, liga bomba 2;

- Se o PMS em 3 dos sensores do tratamento 3, profundidade 10cm é $\geq 45\text{kPa}$, liga bomba 3;
- Se o PMS em 3 dos sensores do tratamento 4, profundidade 10cm é $\geq 60\text{kPa}$, liga bomba 4;
- Se o tempo de irrigação ≥ 150 min e o PMS em 2 dos sensores do tratamento 1, profundidade 30 cm $< 12\text{kPa}$, desliga bomba 1;
- Se o tempo de irrigação ≥ 240 min e o PMS em 2 dos sensores do tratamento 2, profundidade 30 cm $< 12\text{kPa}$, desliga bomba 2;
- Se o tempo de irrigação ≥ 270 min e o PMS em 2 dos sensores do tratamento 3, profundidade 30 cm $< 12\text{kPa}$, desliga bomba 3;
- Se o tempo de irrigação ≥ 300 min e o PMS em 2 dos sensores do tratamento 4, profundidade 30 cm $< 12\text{kPa}$, desliga bomba 4.

Configuração do sistema de aquisição de dados e controle de irrigação

Além dos sensores de umidade e sensores de temperatura do solo, o sistema de aquisição de dados e controle é composto também por datalogger, multiplexadores, controlador e bombas centrífugas, conforme apresentado na Figura 1.

Sensores de potencial matricial do solo

Patenteados em 1985 e fabricados desde 1989 pela IRROMETER Company Inc. de Riverside, Califórnia, os sensores Watermark foram os sensores de umidade do solo utilizados no sistema.

De acordo com o fabricante, o sensor Watermark consiste de dois eletrodos concêntricos, inseridos em uma matriz de material especial, a qual é envolta e mantida no lugar por um chapa de aço inoxidável. Esse sensor é ligado em série com um resistor padrão, formando assim um divisor de tensão (Figura 2). A tensão elétrica que é enviada ao sistema de aquisição de dados é proporcional ao potencial matricial do solo. O material da matriz foi selecionado para refletir ao máximo a mudança da tensão elétrica dentro da faixa correspondente à do crescimento das culturas. Quando em operação, esta matriz está, constantemente, absorvendo ou perdendo a umidade para o solo. À medida em que o solo seca, a umidade do sensor é reduzida e a tensão elétrica entre os dois eletrodos aumenta. O sensor é fabricado de partes não corrosivas e resiste por vários anos de uso. O sensor mede 22,2 mm (7/8”) de diâmetro por 50,8 mm (2”) de comprimento.

Sensor de temperatura

O sensor de temperatura é um termistor. Esse componente eletrônico apresenta variação na sua resistência elétrica em função da temperatura a que ele é submetido. Seu princípio de funcionamento é baseado na tecnologia dos semicondutores. Esse sensor também é ligado em série com um resistor padrão, formando assim um divisor de tensão para coleta da amostragem da tensão que irá definir o valor da temperatura medido. A excitação do conjunto é feita através de um sinal de corrente contínua.

Datalogger

O equipamento utilizado foi o modelo CR10X da marca *Campbell Scientific Inc.* Este dispositivo faz a coleta de valores das grandezas medidas pelos sensores e seu processamento, atuando também nos dispositivos de controle do sistema.



Figura 1 – Diagrama esquemático do sistema.

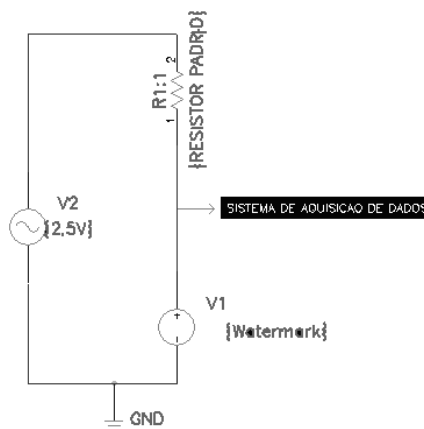


Figura 2 – Esquema de ligação do sensor de umidade

Multiplexadores

Este dispositivo viabilizava a aquisição de dados de vários sensores por apenas um canal do sistema de aquisição de dados. Através do multiplexador, cada sensor tem seu sinal enviado ao sistema de aquisição de dados em sequência predefinida no tempo. A sequência e o período que o sinal de cada sensor fica disponível para o sistema de aquisição de dados é definido pela programação do mesmo.

Controlador de carga

O controlador de carga é um dispositivo que recebe a informação através de um endereço do sistema de aquisição de dados para controlar dispositivos acionadores de carga elétrica. Ele tem 16 relés que são controlados pelo sistema de aquisição de dados através de uma função específica, onde cada relé apresenta um contato NA/NF, sendo seu estado determinado pelo processamento do programa do sistema de aquisição de dados.

Chave de partida e eletrobomba

Este dispositivo de manobra de carga elétrica é composto de um contactor de força, um relé térmico de sobrecarga e botoeiras liga e desliga. Sua função é acionar os motores elétricos do sistema. A chave de partida é controlada remotamente pelo controlador de carga e tem também como função proteger a carga contra sobrecarga e curto circuito, através do relé térmico de sobrecarga. A eletrobomba era composta por um motor elétrico monofásico de 3 CV que acionava uma bomba centrífuga.

CONCLUSÃO

O sistema foi montado, instalado e se encontra já em fase de teste executando aquisição de dados e controle.

Agradecimentos: Banco do Nordeste – FUNDECI

BIBLIOGRAFIA

- HILLEL, D. *Fundamentals of soils physics*. Academic press: San Diego, California, 1980.413p.
- KLAR, A.E. *Água no sistema*. 2ª ed. São Paulo: Nobel, 1988. 408p.
- MIRANDA, J.H.; PIRES, C.M.P. *Irrigação*. Piracicaba: FUNEP, 2001. 410p.(Série Engenharia Agrícola, 1).
- PHENE, C. J. Techniques for Computerized Irrigation Management. *Computers and Electronics in Agriculture*, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 3:189-208, 1989
- RIBEIRO, R.S.F. & YODER, R.E. An Automated Fuzzy Irrigation Control System. In *Proceedings: The 18th Annual Irrigation Association Exposition and Technical Conference*, American Irrigation Association, Nashville, pp. 171-178, 1997.
- TROTTER, C.M. *Errors in reading tensiometer vacua with pressure transducers*. *Soil Science*, v. 138, n. 4, p. 314-316, oct. 1984.
- YODER, R.E.; JOHNSON, D.L.; WILKERSON, J.B.; YODER, D.C. *Soil water sensor performance*. *American Society of Agricultural Engineers*, v. 14, n. 2, p. 121-133, 1998.