

Automação e manejo da irrigação na cultura da melancia

Mario de Oliveira Rebouças Neto

Adunias dos Santos Teixeira

Clemilson Costa Santos

Tadeu Macryne Lima Cruz

Odilio Coimbra Neto

José Lucio Nascimento Nunes Filho

Resumo

O objetivo deste trabalho foi desenvolver componentes de uma Rede de Sensores sem Fio (RSSF) que permitisse a automação de um sistema de irrigação e utilizá-la para avaliar o efeito da frequência da irrigação no desenvolvimento da cultura da melancia. A RSSF utilizada é formada por módulos sensores capazes de comunicarem entre si por radiofrequência, possuindo um ponto de comunicação final (estação-base). Os tratamentos consistiram em diferentes manejos de irrigação da melancia, variedade Crimson Sweet, sendo: cinco, quatro, três e duas irrigações diárias em horários pré-definidos. O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições. Foram avaliados os seguintes parâmetros: diâmetro médio do fruto; comprimento médio do fruto, massa média dos frutos e produtividade por hectare. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 e 1 %. A cultura apresentou diferença significativa para as variáveis analisadas. A RSSF mostrou-se um sistema dinâmico e preciso. Os módulos de acionamento de bomba e válvulas foram eficientes nos comandos ligar e desligar, possibilitando a automação dos sistemas de irrigação. Quanto ao fracionamento das irrigações, o tratamento 2 mostrou-se o mais adequado, principalmente no quesito produtividade.

Palavras-chave: Comunicação sem fio. *Citrillus lanatus*. Frequência de irrigação.

Introdução

A necessidade de implementação de novas estratégias de manejo de água às culturas evidencia a demanda de modelos em linguagem computacional simples e acessível aos potenciais usuários da irrigação. A automação é uma ferramenta que contribui, sobremaneira, para a tomada de decisão da programação das irrigações em condições de campo, em tempo quase que real, estimulando, assim,

% Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI) - *Campus* Campo Maior, graduando em Agronomia. Fortaleza, Ceará, Brasil. agromario@gmail.com. Avenida Nilo Santana de Oliveira, s/n, Localidade Fazendinha, Campo Maior, Piauí, Brasil, CEP 64280-000.

2 Universidade Federal do Ceará (UFC) - *Campus* do Pici, professor de nível superior. Fortaleza, Ceará, Brasil. adunias@ufc.br.

3 Universidade Federal do Ceará (UFC) - *Campus* Sobral, professor de nível superior. Sobral, Ceará, Brasil. clemilson santos@ufc.br.

4 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) - *Campus* Picuí, professor. Picuí, Paraíba, Brasil. tadeumacryne@hotmail.com.

5 Universidade Federal do Ceará (UFC) - *Campus* do Pici, doutorando em Engenharia Agrícola. Fortaleza, Ceará, Brasil. odilioneto@gmail.com.

6 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - *Campus* Umirim, Técnico em Agropecuária, Umirim, Ceará, Brasil. lucionascimentonunes@gmail.com.

o uso de microcomputadores e “softwares” no dimensionamento da reposição de água demandada pelas plantas no processo de evapotranspiração (GOMIDE, 1998).

As atividades de produção e manejo, em propriedades rurais, vêm demandando cada vez mais soluções de alta tecnologia. A utilização de uma rede de sensores sem fio (RSSF) permite automatizar a coleta de informações ambientais, como temperatura e umidade do ar, que são parâmetros fundamentais para o gerenciamento de armazenagem de grão em silos ou mesmo o monitoramento da umidade do solo para auxiliar nas tomadas de decisões de quando e quanto irrigar. Silva et al. (2005) desenvolveram um sensor do tipo capacitivo que apresentou boa resposta à variação de umidade, podendo ser usado para o manejo da irrigação.

Procurando alternativas de monitoramento de umidade do solo e controle automático de sistemas de irrigações, Santos et al. (2008) desenvolveram um sistema de comunicação sem fio utilizando componentes de baixo preço e de fácil disponibilidade no mercado. Santos (2008) testou uma RSSF em um campo agrícola cultivado com melancia, coletando dados, via radiofrequência, dos teores de água no solo, fornecidos por sensores de umidade FDR. Segundo o autor, a RSSF possibilitou acompanhar em tempo real o processo de variação do conteúdo de água no solo, adquirindo dados em distâncias de 142 metros entre os módulos sensores e o módulo mestre, mostrando-se um sistema bastante flexível para aplicação na agricultura.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver componentes de uma RSSF que permitissem a automação de um sistema de irrigação e utilizar a RSSF para avaliar o efeito da frequência da irrigação no desenvolvimento da cultura da melancia.

Material e métodos

Área experimental

O experimento foi conduzido no período de 18 de novembro de 2009 a 10 de janeiro de 2010, no perímetro irrigado do baixo Acaraú, situado nos municípios de Marco, Acaraú e Bela Cruz e localizado a 210 km de Fortaleza, cujas coordenadas geográficas são 3°07'13" de latitude Sul e 40°05'13" de longitude Oeste.

A área experimental foi composta por 1,0 ha, do Lote C07/1, cujas coordenadas geográficas são 3°44' de latitude Sul e 38°33' de longitude Oeste, cultivada com melancia da variedade Crimson Sweet, em espaçamento de 0,9 m entre plantas e 3,0 m entre linhas, totalizando 3.704 plantas.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw', tropical chuvoso, com precipitação média anual de aproximadamente 900 mm e umidade relativa do ar em torno de 70 %, a evaporação anual no tanque classe A é de 1.600 mm ano⁻¹. Possui temperatura média anual de 28,1 °C, sendo a mínima e a máxima anuais de 22,8 e 34,7 °C, respectivamente, insolação de 2.650 h ano⁻¹ (Departamento Nacional de Obras Contra Seca-DNOCS, 2010).

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com 4 tratamentos e 4 repetições, em que cada tratamento correspondia aos níveis de frequência de irrigação. O tratamento 1 corresponde a 5 frequências de irrigações, tratamento 2 corresponde a 4, o tratamento 3 corresponde a 3 e o tratamento 4 a 2, todos os tratamentos foram aplicados todos os dias até o final do ciclo da cultura.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 1 e 5 % de probabilidade. Quando verificado efeito significativo, as médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 1 e 5 % de probabilidade.

O sistema de irrigação é composto por um conjunto motor bomba de 3 CV, uma tubulação principal de 106,0 m de comprimento composta por tubos de PVC de 75 mm, quatro linhas de derivação de 66,0 m com tubos de PVC de 50 mm e 64 linhas laterais de 55 m formadas por tubos de polietileno de 17 mm dotados de gotejadores, a cada 30 cm, com vazão de $1,49 \text{ L h}^{-1}$ a uma pressão de serviço de 8,0 kPa. O sistema foi montado em um esquema experimental com a distribuição das linhas de gotejadores de forma aleatória para cada tratamento.

O sistema de irrigação era acionado 8 vezes por dia, conforme a Tabela 1, e os tempos de irrigação eram calculados de acordo com os dados dos sensores para que o solo atingisse um valor de $\theta = 0,17 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, correspondente à umidade na capacidade de campo.

Tabela 1. Horários das irrigações por tratamento.

Tratamento	Horários das irrigações							
	7:00	8:00	9:00	11:00	12:00	13:00	15:00	16:00
1	X		X	X		X	X	
2			X	X		X	X	
3		X			X			X
4		X			X			

*X corresponde aos horários que eram realizadas as irrigações

Fonte: Elaboração dos autores.

Sensor do tipo capacitivo FDR

Os sensores de umidade do solo utilizados foram os do tipo capacitivo, produzidos no Laboratório de Eletrônica e Mecânica Agrícola (LEMA), do Departamento de Engenharia Agrícola (DENA), pertencente à Universidade Federal do Ceará (UFC) sendo apresentados na Figura 1.

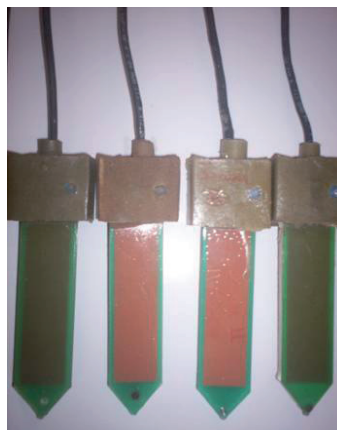


Figura 1. Sensor do tipo capacitivo.

Fonte: Elaboração dos autores.

Para padronizar a instalação dos sensores, foi confeccionada uma moldura de madeira com o intuito de padronizar a instalação dos sensores para que eles não ficassem em distância diferente dos demais. A moldura tinha as seguintes dimensões: 10 cm x 10 cm e a distância de instalação dos sensores foi definida da seguinte forma: o sensor da primeira profundidade ficava a uma distância de 2,5 cm e o sensor da segunda profundidade ficava a uma distância de 7,5 cm do emissor, com o objetivo de não serem instalados fora do bulbo úmido.

No processo de instalação dos sensores faz-se necessário o preenchimento entre as placas com solo. Esse processo foi realizado manualmente, retirando uma pequena amostra do solo onde será

inserido o sensor e, então, ele foi umedecido para que o espaço entre as placas fosse preenchido por completo. Depois de realizado o preenchimento com solo, o sensor foi inserido no solo de acordo com a profundidade de instalação, sendo o da primeira profundidade instalado a 15 cm e o da segunda a 30 cm abaixo da superfície.

Os parâmetros utilizados nas equações para calcular o tempo de irrigação são:

Fator de conversão: 2,56 convertem os dados de contador em frequência;

Profundidade de instalação do sensor: 150 mm para 1^o e 300 mm para o 2^o;

Vazão do emissor: $q = 1,49 \text{ L h}^{-1}$;

Eficiência do sistema = 90 %;

Capacidade de campo: $\theta_{cc} = 0,17 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$;

Diâmetro do bulbo molhado do gotejador: 0,3 m.

A equação 1 é utilizada para converter os dados de contador em frequência.

$$f = C * 2,56 \quad (1)$$

Onde: f é a frequência em kHz e C é o valor de contador.

As equações 2 e 3 foram determinadas por Cruz (2009), trabalhando na mesma área, utilizando uma RSSF para realizar o manejo da irrigação na cultura do milho. Essas equações foram utilizadas para converter frequência em umidade na 1^a e 2^a profundidades, respectivamente.

$$\theta = 994995 f^{-2.1027} \quad (2)$$

$$\theta = 68478 f^{-1.7688} \quad (3)$$

Onde: θ é a umidade volumétrica ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)

Módulo remoto

O módulo remoto (Figura 2) foi construído com duas placas, sendo uma placa-base responsável pelo processamento, comunicação e gerenciamento da carga da bateria. A segunda é responsável pela interface de conexão com os sensores de umidade instalados no solo, montados em placas separadas. Procura-se atingir uma maior modularidade do sistema permitindo o uso das placas-base em outras unidades, como será observado nas unidades de controle das válvulas do tipo latch e acionamento de bombas.

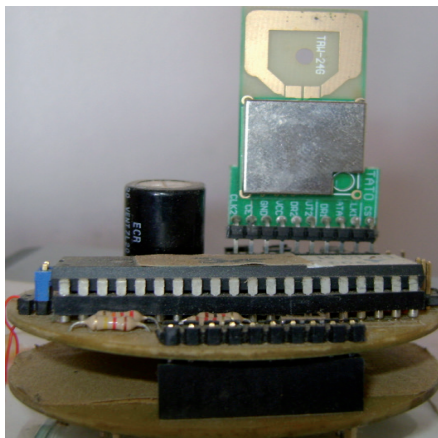


Figura 2. Módulo remoto.
Fonte: Elaboração dos autores.

Módulo mestre

A confecção do módulo mestre foi realizada a partir de ensaios básicos ainda na matriz de contato. À medida que o circuito era desenvolvido e o desempenho dos componentes comprovado, esses passavam a integrar o circuito definitivo.

Após a realização de testes experimentais que produziram um ótimo desempenho na aquisição dos dados, o módulo foi acondicionado dentro de uma estrutura de PVC rígido para proteger do sol e da chuva e instalado na casa estação base a uma altura de 3 m, aproximadamente, para facilitar a visada do transceptor com os módulos remotos.

Automação de válvula e bomba

As placas das válvulas foram desenvolvidas para acionar até 4 válvulas do tipo latch, de forma independente, sendo acionada uma por vez. As placas foram confeccionadas na forma circular, seguindo o mesmo padrão de modularidade já utilizado nos módulos sensores, constituindo-se em mais uma expansão para as placas bases.

Para o acionamento da bomba o circuito eletrônico de controle da chave de partida foi montado em uma placa de circuito impresso universal utilizando a mesma placa de processamento já mencionada e alimentado pela rede elétrica e instalado na parede externa da casa de bomba.

Interface de controle e aquisição de dados.

Foi desenvolvida uma interface de aquisição e controle implementada em linguagem C para realizar a comunicação entre o módulo mestre e um computador pessoal, possibilitando a configuração dos módulos remotos via rádio e o armazenamento dos dados adquiridos.

Avaliação da cultura

Para medir o diâmetro e comprimento dos frutos foi utilizada uma régua de 60 cm.

Para o peso médio dos frutos foi utilizada uma balança e para a produção foi contado manualmente o número de frutos em campo para cada tratamento e multiplicando-se a massa média dos frutos pela quantidade média de frutos.

Resultados e discussão

Os sensores utilizados neste experimento já haviam sido previamente calibrados por Cruz (2009), resultando nas equações 2 e 3 de calibração.

Foi realizada uma amostragem de solo próxima de alguns sensores em duas profundidades para determinar a umidade pelo método padrão da estufa com o intuito de comparar com os valores gerados pela equação de calibração dos sensores conforme a figura 3.

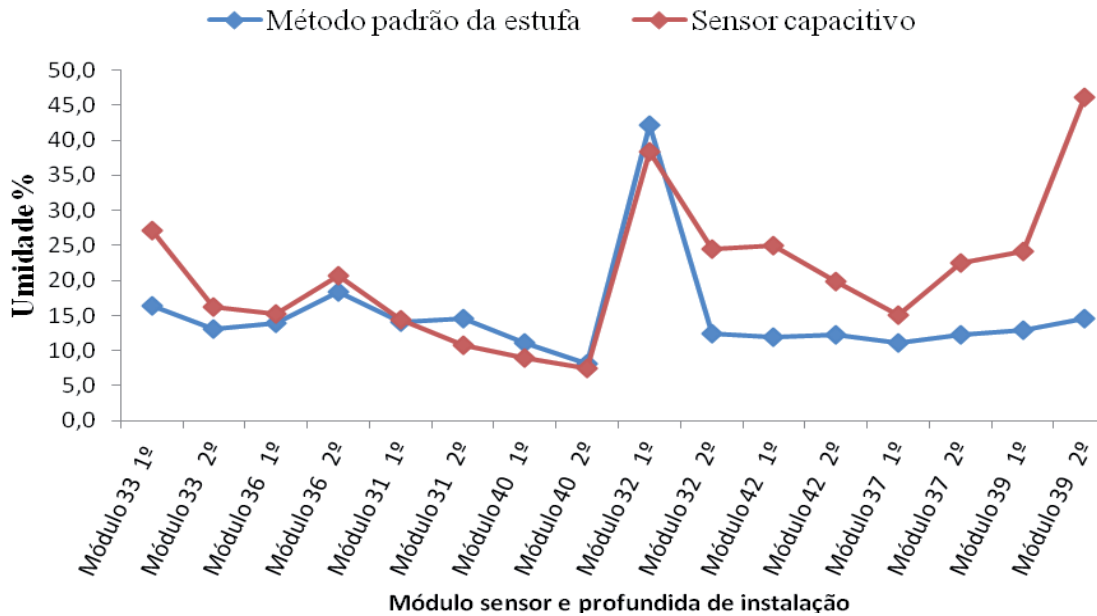


Figura 3. Comparação dos valores de umidade do sensor com o método padrão.
Fonte: Elaboração dos autores.

Os valores de umidade fornecidos pela equação de calibração dos sensores superestimaram os valores determinados pelo método padrão da estufa. Cruz (2009), trabalhando com sensores do tipo capacitivo, comparou os valores de umidade fornecidos pela equação de calibração do sensor com o método padrão da estufa e encontrou valores subestimados dos sensores em relação ao método padrão.

Avaliação da RSSF

Os inconvenientes encontrados na RSSF utilizada neste trabalho foram a ausência de um botão de “reset” que facilite a reinicialização dos módulos, a falta de algum tipo de estrutura que facilite a retirada do módulo remoto de dentro da estrutura de PVC para possíveis manutenções e a limitação da fonte de energia que no caso deste trabalho foi amenizada pelo uso de painéis solares. Santos (2008) relata que a incompatibilidade da aplicação de RSSF pode ser também relativa ao “hardware” ou “software” e que a limitação da energia ainda é um problema fundamental.

Os oito módulos sensores instalados nos campos não tiveram problemas de comunicação com o módulo mestre e com o sensor mais distante, o qual se encontrava a aproximadamente 90 metros e transmitia de forma direta os dados sem a necessidade da implantação da função *multihop*, que são caminhos alternativos de comunicação entre os próprios módulos para transferência dos dados para o módulo mestre. Vale ressaltar que a distância entre os módulos está dentro dos limites especificado pelo fabricante para uma taxa de transmissão de dados de 1 Mbps, que é de 150 metros (LAIPAC, 2010).

Cruz (2009), trabalhando com rede de sensores sem fio no manejo da irrigação da cultura do milho, relatou a dificuldade de comunicação de alguns módulos sensores com o módulo mestre, atribuindo essa dificuldade de comunicação à altura da planta que tinha 2,30 m, enquanto que a altura média dos módulos era de 0,77 m, havendo a necessidade de se usar caminhos *multihop*. Essa interferência na transmissão dos dados causada pela altura da planta já foi relatada por outros autores (GIACOMIN; VASCONCELOS, 2006; SANCHEZ; PIERCE., 2007).

Acionamento via radiofrequência do conjunto motobomba e válvulas

Para o acionamento do conjunto motobomba, o módulo estava instalado a uma distância de aproximadamente 7 metros, não sendo notada dificuldade de comunicação com o módulo mestre, respondendo de forma precisa ao comando de liga ou desliga, de acordo com a necessidade de irrigação.

A placa desenvolvida para o acionamento das válvulas responderam de forma precisa aos comandos de acionamento. A distância aproximada da instalação do módulo de acionamento das válvulas para a estação-base foi de aproximadamente 70 metros.

Monitoramento da umidade por meio da RSSF

O manejo da irrigação foi realizado de acordo com a tabela 1 e com o tempo de irrigação, definidos pelas leituras de cada sensor em cada tratamento.

Nas quatro figuras observam-se as respostas dos sensores capacitivos FDR, em umidade volumétrica, para as profundidades de 15 e 30 cm. Os valores de umidade volumétrica para as duas profundidades dos sensores capacitivos FDR foram obtidos pelas equações de calibração (equações 1 e 2).

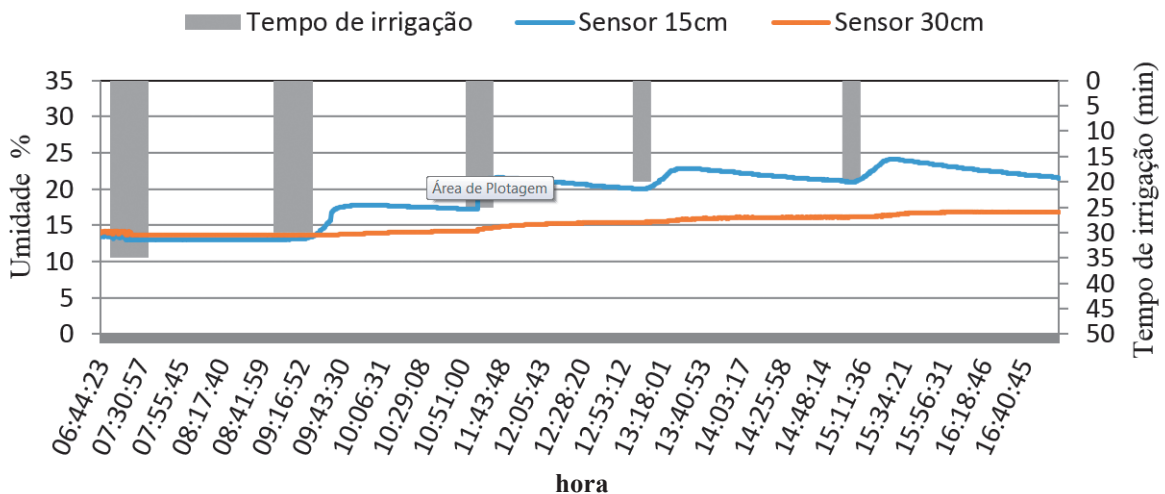


Figura 4. Variação da umidade volumétrica do solo com 5 frequências de irrigação ao longo do dia. Fonte: Elaboração dos autores.

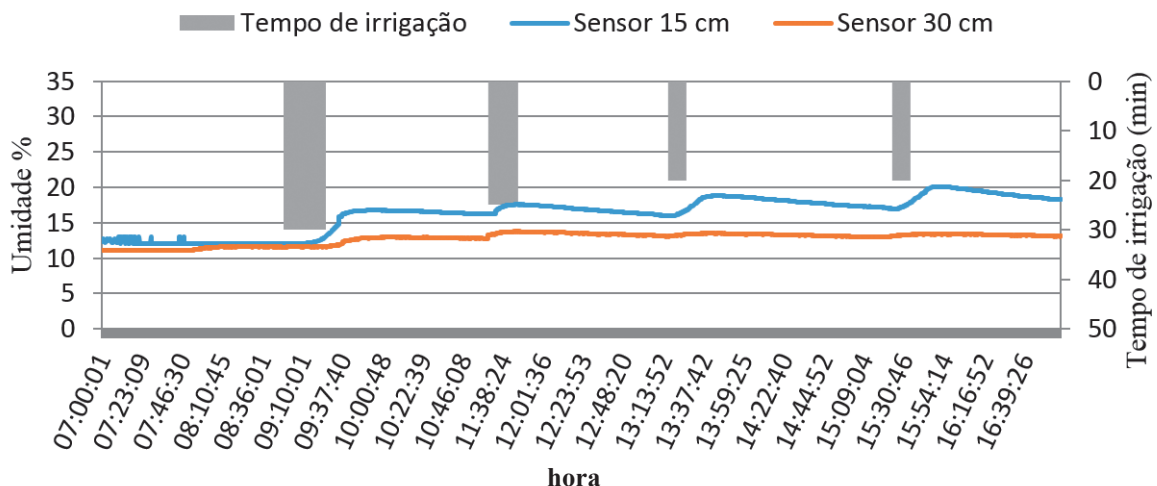


Figura 5. Variação da umidade volumétrica do solo com 4 frequências de irrigação ao longo do dia. Fonte: Elaboração dos autores.

Nas Figuras 4 e 5, pode-se observar que quanto menor o valor de umidade, maior é o tempo de irrigação. Pode-se observar também que os menores valores de umidade ocorreram nas primeiras horas do dia, isso porque a última irrigação era realizada às 15 horas, ocorrendo um intervalo de irrigação de 16 e 18 horas entre a última irrigação do dia e a primeira do dia posterior para os tratamentos 1 e 2, respectivamente, enquanto que durante o dia, o maior intervalo entre as irrigações foi de 3 horas, que ocorria nas irrigações entre 9 e 11 horas para os dois tratamentos.

Foi possível observar nas figuras 4 e 5 que, à medida que as irrigações eram realizadas, a umidade ia aumentando e depois mantendo-se quase constante, o que pode ser bom para a cultura, para evitar o risco de sofrer estresse hídrico durante o dia, período de maior perda de água tanto pela planta, quanto pelo solo através da evapotranspiração.

Na Figura 6, a variação da umidade ocorreu conforme as respostas dos sensores da primeira profundidade, discutidas nas Figuras 4 e 5. Na Figura 7, a resposta do sensor da primeira profundidade de instalação ocorreu lentamente, podendo esse fato ser atribuído a algum tipo de entupimento nos gotejadores, reduzindo o volume de água aplicado, implicando uma menor variação da umidade.

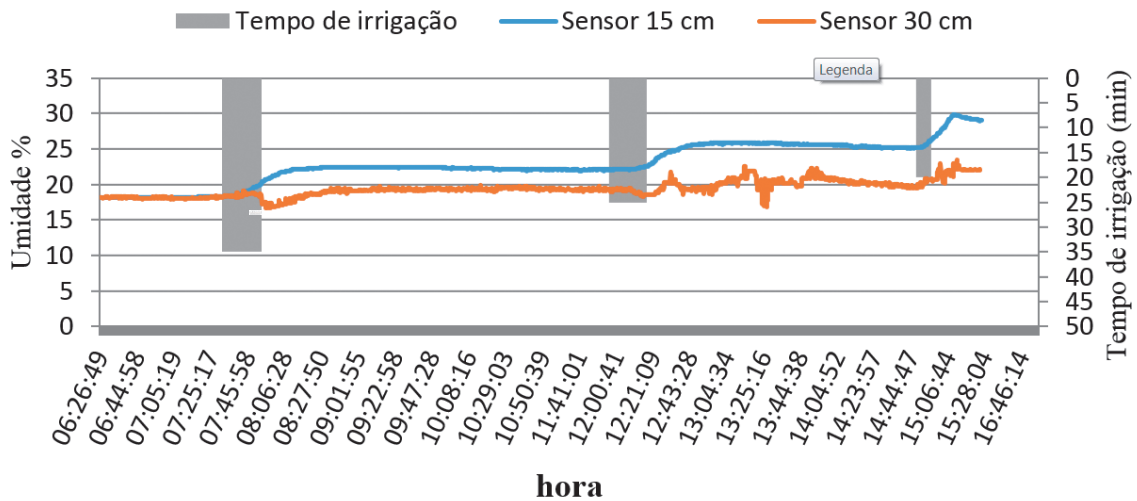


Figura 6. Variação da umidade volumétrica do solo com 3 frequências de irrigação ao longo do dia. Fonte: Elaboração dos autores.

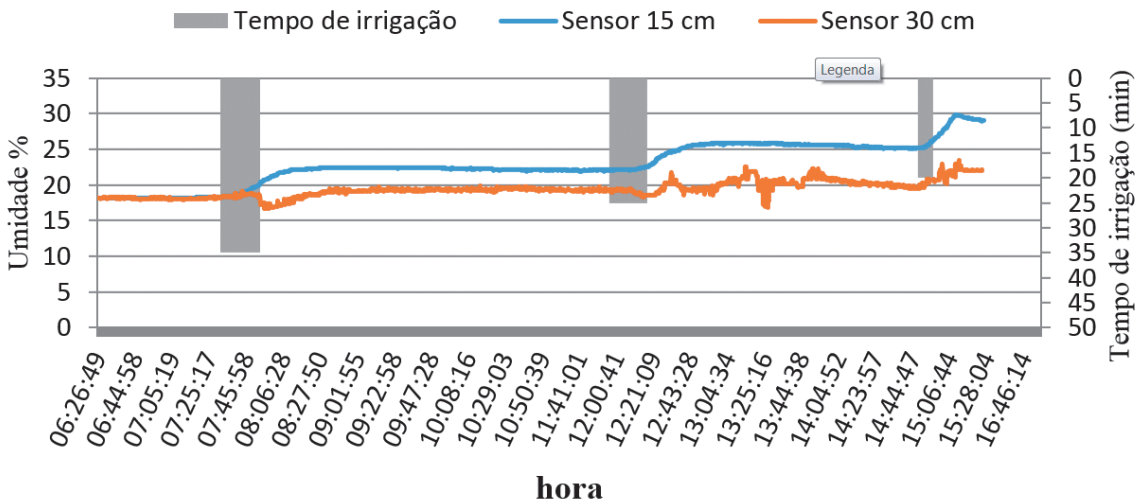


Figura 7. Variação da umidade volumétrica do solo com 2 frequências de irrigação ao longo do dia. Fonte: Elaboração dos autores.

Nas Figuras 4, 5 e 6 pode-se observar que a variação teve o mesmo comportamento para as camadas de 15 e 30 cm de profundidade, ocorrendo as maiores variações na primeira profundidade de instalação. Na Figura 7, o comportamento da umidade para as duas profundidades foram bem próximos, apesar de que a pouca variação na primeira profundidade pode ser atribuída a uma menor aplicação de água no ponto de instalação.

Cruz (2009), avaliando o teor de água nas camadas de 10 e 25 cm abaixo da superfície, utilizando RSSF em uma área cultivada com milho, observou que as maiores variações ocorriam nas primeiras camadas.

Testando sensores do tipo capacitivo em diferentes ambientes, Cruz (2010) concluiu que esses sensores são capazes de acompanhar a variação da umidade do solo em tempo real.

Os sensores na segunda profundidade das Figuras 4, 5, 6 e 7 indicam pequena variação na umidade, o que corrobora a afirmação de que os tempos de irrigação indicados pelo sensor eram suficientes apenas para fornecer água à profundidade efetiva das raízes.

Avaliação da cultura

De acordo com a análise de variância (tabela 2), todas as variáveis foram influenciadas pela frequência de irrigação. Depois de verificada a significância pela análise de variância, foi realizado o teste de Tukey ao nível de 1 % (tabela 3).

Tabela 2. Resumo da análise de variância diâmetro médio do fruto (DMF), comprimento médio do fruto (CMF), massa média do fruto (MMF) e produtividade (PROD) de plantas de melancia sob diferentes frequências de irrigação, Acaraú, Ceará, 2009

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio			
		DMF	CMF	MMF	PROD
Tratamentos	3	2,385*	4,557**	1,692**	16067679,7**
Resíduos	16	0,484	0,696	0,068	247292,9
Total	19	-	-	-	-
CV(%)	-	3,16	3,50	4,23	6,24

FV= fonte de variação, GL= grau de liberdade, CV= coeficiente de variação; ** = Significativo a 1 %, * Significativo a 5 % e ns = não significativo.

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 3. Comparação das médias pelo teste de Tukey a 1 % de probabilidade.

Tratamento	Média			
	DMF	CMF	MMF	PROD
1	21,3 b	22,7b	5,3 c	8,63 b
2	23,0 a	25,0 a	6,7 a	9,64 a
3	22,0 ab	24,1 ab	6,4 ab	8,16 b
4	21,9 ab	23,5 ab	6,1 b	5,44 c

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 1 % de probabilidade. Diâmetro médio do fruto (DMF), comprimento médio do fruto (CMF) em cm, massa média do fruto (MMF) em kg e produtividade (PROD) em Mg ha⁻¹

Fonte: Elaboração dos autores.

O efeito da frequência de irrigação sobre o diâmetro dos frutos de melancia é mostrado na tabela 1. O maior diâmetro médio dos frutos foi obtido no nível com a frequência de irrigação no

tratamento 1 com 4 aplicações diárias; por outro lado, o menor diâmetro foi obtido com a frequência de irrigação com 5 aplicações diárias correspondendo ao tratamento 1.

O tratamento 2 diferiu significativamente dos tratamentos 1, não diferindo dos demais, quando comparados pelo teste de Tukey ao nível de 1 % de probabilidade. O valor máximo para o diâmetro médio dos frutos foi de 23 cm que corresponde ao tratamento 2, o qual era irrigado quatro vezes ao dia, e o menor diâmetro que foi de 21,3 cm corresponde ao tratamento 1, irrigado 5 vezes ao dia. Essa redução pode ser atribuída ao estresse hídrico provocado por excesso de umidade.

Observa-se na Tabela 3, que para o comprimento médio dos frutos, o tratamento 2 diferiu significativamente dos demais tratamentos, ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste de Tukey. O valor máximo do comprimento médio dos frutos foi de 25 cm, obtido no tratamento 3, e o valor mínimo foi de 22,75 cm encontrado no tratamento 1.

Azevedo et al. (2005), testando diferentes níveis de irrigação na melancia da variedade Micky-lee PVP, encontrou um valor máximo do comprimento médio dos frutos de 29 cm e valor mínimo de 23 cm, esses valores são superiores aos encontrados neste trabalho, podendo ser atribuída essa diferença ao tipo de variedade trabalhada, uma vez que neste trabalho foi utilizada a variedade Crimson Sweet.

Os dados observados da massa média dos frutos (MMF) variaram de 5,3 kg a 6,7 kg, sendo o tratamento 2 com frequência de irrigação 4 vezes ao dia, o que apresentou melhor resultado para essa variável. Fernandes et al. (2014), avaliando diferentes frequências de irrigação na cultura da melancia, concluíram que a melhor frequência de irrigação foi duas vezes ao dia, não corroborando o resultado encontrado neste trabalho.

Quanto à produtividade média da cultura foi observado que o maior valor foi de 9,64 Mg ha⁻¹ obtido no tratamento 2, e o menor valor foi de 5,44 Mg ha⁻¹ no tratamento 4. Oliveira (2008), utilizando sensores do tipo capacitivo para realizar o manejo da irrigação na cultura da melancia da variedade Crimson Sweet, obteve uma produtividade de 36 Mg ha⁻¹.

Azevedo et al. (2005), testando diferentes níveis de irrigação na melancia da variedade Micky-lee PVP, encontrou valor máximo de produtividade de 25,33 Mg ha⁻¹.

As baixas produtividades ocorridas neste experimento com a aplicação de frequência de irrigação devem-se aos fatores climáticos e biológicos que provocaram o aparecimento de doenças. Mesmo com a aplicação de agrotóxico, não foi possível controlar o avanço das doenças como o *Fusarium oxysporum*, míldio e oídio, com a diminuição do estande inicial de plantas e o baixo desenvolvimento e abortos de alguns frutos.

Conclusão

Os módulos desenvolvidos para realização do acionamento do conjunto motobomba e válvulas apresentaram boa resposta aos comandos de liga e desliga, podendo ser utilizado para a realização da automação do sistema de irrigação, necessitando passar por pequenas modificações para deixar o sistema mais compacto e dinâmico.

A RSSF permitiu monitorar a variação de umidade do solo por meio dos sensores capacitivos FDR, antes e depois das irrigações, revelando-se altamente robusta a coleta de dados de umidade do solo e o acionamento de bomba e válvulas via radiofrequência, sendo associado a esse sistema a utilização de painel solar que manteve a bateria com nível constante de tensão, permitindo, desta forma, o monitoramento mais intenso da variação da umidade, tornando o sistema mais preciso nas tomadas de decisão das irrigações.

Quanto ao fracionamento das irrigações, o tratamento 2 mostrou-se o mais adequado, pois diante das variáveis analisadas da cultura superou os demais tratamentos, principalmente no quesito produtividade.

Automation and irrigation management on watermelon production

Abstract

The objective of our research was to develop a Wireless Sensor Network (WSN) that allowed setting up an automated irrigation system, and then use it to evaluate the irrigation frequency effect in the watermelon (Crimson Sweet variety) crop. The WSN is composed by distributed sensor modules capable of mutual radio communication, with a central node (base station). The treatments consisted of different irrigation patterns applied to the watermelon crop: Treatment (1) frequency of 5 irrigation events/time interval; Treatment (2) frequency of 4 irrigation events/time interval; Treatment (3) frequency of 3 irrigation events/time interval; Treatment (4) frequency of 2 irrigation events/time interval; all occurring at predefined times. The experiment was conducted in a completely randomized design. The following parameters were evaluated: average fruit diameter; average fruit length, average fruit weight and yield per hectare. The averages were compared by Tukey test at 5 and 1 %. The crop showed a significant difference for the analyzed variables. The WSN showed itself to be a dynamic and accurate system. The pump (and valve) control modules accepted turn on and turn off commands, effectively allowing the irrigation system automation. As for the irrigation patterns, treatment 2 proved being the most adequate, especially concerning the productivity.

Keywords: Wireless communication. *Citrillus lanatus*. Irrigation frequency.

Referências

AZEVEDO, B. M de.; BASTOS, F. G. C.; VIANA, T. V. A.; RÊGO, J. L.; ÁVILA, J. H. T. Efeitos de níveis de irrigação na cultura da melancia. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 36, n. 1, p. 9-15, jan/abr de 2005.

CRUZ, T. M. L.; TEIXEIRA, A. S.; CANAFÍSTULA, F. J. F.; SANTOS, C. C.; OLIVEIRA, A. D. S.; DAHER, S. Avaliação de sensor capacitivo para o monitoramento do teor de água no solo. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 1, p. 33-45, 2010.

CRUZ, T. M. L. **Estratégia de monitoramento e automação em sistemas de irrigação utilizando dispositivos de comunicação em redes de sensores sem fio**. 2009. 84f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS-DNOCS (Fortaleza – CE). **Perímetro Irrigado Baixo Acarau**. Disponível em: <http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/ce/baixo_acarau.html>. Acesso em: 27 mar. 2010.

FERNANDES, C. N. V.; AZEVEDO, B. M.; NASCIMENTO NETO, J. R.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G. Irrigation and fertigation frequencies with nitrogen in the watermelon culture. **Bragantia**, v. 73, n. 2, p.106-112, 2014.

GIACOMIN, J. C.; VASCONCELOS, F. H. **Wireless sensor network as a measurement tool in precision agriculture**. In: XVIII IMEKO WORLD CONGRESS. 2006, Rio de Janeiro, Brazil, 2006. (Paper presented)

GOMIDE, R. L. Monitoramento para manejo de irrigação: **Instrumentação, automação e métodos**. In: FARIA, M. S., et al (ed.). Manejo de irrigação. Poços de Caldas: DE/UFLA, 1998. Cap 2, p.133-238.

LAIPAC. **High frequency 2.4 GHz wireless transceiver antenna**. 2010. Disponível em: <http://www.laipac.com/easy_trf24_esp.htm>. Acesso em: 25 fev. 2010.

OLIVEIRA, A. D. S. **Avaliação do sensor de umidade topdeca no manejo da irrigação**. 2008. 71 f., Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SANCHEZ, P. A.; PIERCE, F. J. I. **Performance Assessment of Wireless Sensor Networks in Agricultural Settings**. In: ASABE – Annual International Meeting, Paper Number: 073076, Minneapolis, Minnesota, June 2007, 10p.

SANTOS, C. C.; TEIXEIRA, A. S.; CANAFÍSTULA, F. J. F.; DAHER, S.; BAROSSO, G. C. A wireless system for remote monitoring soil moisture and temperature. In: Brazilian Congress of Agricultural Engineering, 37., 2008, City Iguassu Falls. **Anais...**City Iguassu Falls - Brazil: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2008. 1 CD.

SANTOS, C. C. **Sistema de sensoriamento remoto de umidade e temperatura do solo para irrigação de precisão**. 2008b. 130p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

SILVA, I. O.; TEIXEIRA, A. S.; CANAFÍSTULA, F. J. F.; LEÃO, R. A. O . Development of a capacitance sensor for monitoring soil moisture. In: **ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING**, 2005, Tampa, Florida. St. Joseph: ASAE, 2005. (Paper nº 052183)

Histórico editorial

Submetido em: 29/07/2015

Aceito em: 22/01/2016