

## **MONITORAMENTO REMOTO DA UMIDADE, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E TEMPERATURA DO SOLO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR FERTIRRIGADA POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL**

**AUGUSTO Y. P. OHASHI<sup>1\*</sup>, ANDRÉ L. B. O. SILVA<sup>1</sup>, GLÁUCIA C. PAVÃO<sup>1</sup>, RAFAEL V. RIBEIRO<sup>2</sup>, REGINA C. M. PIRES<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup> IAC - Instituto Agrônomo (Av. Theodureto de Almeida Camargo, 1500, Campinas - SP),

<sup>2</sup> UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas (Rua Monteiro Lobato, 255, Instituto de Biologia - IB)

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

**RESUMO:** O monitoramento de umidade do solo e condutividade elétrica (CE) é importante na irrigação por gotejamento subsuperficial, visando evitar perdas de água e com objetivo de manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo. O monitoramento remoto pode ser útil para o acompanhamento desses parâmetros à distância. O objetivo deste estudo foi monitorar a umidade do solo, condutividade elétrica e temperatura em duas épocas durante segunda soca de cana-de-açúcar. O experimento de campo foi realizado em Campinas, São Paulo, Brasil, com a cultivar IACSP94-2094, em solo argiloso. Foram utilizadas sondas ECH20-5TE para medir umidade, condutividade elétrica e temperatura do solo, e o sistema sem-fio Irriwise para monitoramento remoto. As sondas foram instaladas a 0,2, 0,4 e 0,6 m de profundidade no perfil do solo e foram monitoradas duas épocas: período irrigado e não-irrigado. Foi possível observar aumento da umidade do solo devido aos eventos de irrigação, a depleção e também a redistribuição da água entre camadas do solo. A CE diminuiu após o término da fertirrigação. A variação da temperatura do solo foi inversamente proporcional à profundidade do mesmo. O monitoramento remoto permitiu o acompanhamento dos parâmetros do solo, o que pode contribuir para melhorar a eficiência do manejo de água e nutrientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sonda de capacitância, manejo de água, fertirrigação.

### **SOIL MOISTURE, ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND TEMPERATURE REMOTE SENSING IN SUGARCANE CROP FERTIGATED BY SUBSURFACE DRIP SYSTEM**

**ABSTRACT:** Monitoring soil moisture and electrical conductivity (EC) is important when using subsurface drip irrigation system, in order to prevent water and nutrient losses and aiming to maintain the soil moisture in adequate values. The remote sensing is helpful to monitor these parameters in the distance. The aim of this study was to monitor the soil moisture, electrical conductivity and temperature during the sugarcane second ratoon. The field experiment was carried out in Campinas, São Paulo, Brazil, with the IACSP94-2094 cultivar cultivated in clay soil. It was used the ECH20-5TE probes to measure the soil moisture, electrical conductivity and temperature, and the Irriwise wireless system for the remote sensing. The probes were installed at 0.2, 0.4 and 0.6 m depth in the soil profile and there was two monitored times: when using irrigation and after the irrigation was suspended for crop maturation. It was possible to observe the increase in soil moisture, water depletion and water redistribution among the soil layers. The EC decreased after the fertigation was finished. The soil temperature variation was inversely proportional to soil depth. Remote sensing allows the monitoring of soil parameters and it could improve the water and nutrients management efficiency.

**KEYWORDS:** Capacitance probe, water management, fertigation.

**INTRODUÇÃO:** A irrigação por gotejamento é conhecida pela alta eficiência no uso da água, boa uniformidade de aplicação, reduzindo as perdas de água por escoamento ou percolação profunda. Dentre os sistemas de irrigação por gotejamento, irrigação por gotejamento subsuperficial (SDI) é considerado como o mais eficiente considerando o uso da água, principalmente devido à aplicação de água e nutrientes, quando se utiliza a fertirrigação, diretamente onde há concentração de raízes (PIRES

et al., 2008). O conhecimento da umidade do solo e sua distribuição no mesmo é de fundamental importância para a otimização do manejo do solo e da água (SOUZA & MATSURA, 2002). O monitoramento da umidade do solo é ferramenta importante no manejo de água nos sistemas agrícolas, auxiliando na tomada de decisão quanto ao momento apropriado para se irrigar e também como indicador de perdas por percolação profunda (PIRES et al., 2008). Quando utiliza-se fertirrigação, o monitoramento da condutividade elétrica do solo é importante visando ao uso racional dos fertilizantes e à prevenção da salinização do solo (DIAS et al., 2005). A temperatura do ar e do solo são as variáveis de estado mais importantes de agroecossistemas e, no caso de cana-de-açúcar, afeta seu desenvolvimento, maturação e uma série de processos biológicos e físico-químicas do solo (OLIVEIRA et al., 2001). O objetivo deste estudo foi monitorar a umidade do solo, condutividade elétrica e temperatura em duas épocas durante segunda soca de cana-de-açúcar.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi realizado na Fazenda Santa Elisa, situada em Campinas, SP, Brasil (22°54'S, 47°05'W e 669 m de altitude) com a cultivar IACSP94-2094, durante a segunda-soca em solo argiloso. A área experimental contava com 20 linhas de plantio de 30 m de comprimento, espaçadas em 1,5 m entre si, totalizando 600 m<sup>2</sup>. Ao longo do período experimental, foram coletados dados de temperatura do ar e precipitação pluviométrica em estação meteorológica automática situada ao lado da área experimental.

A irrigação foi aplicada por sistema de gotejamento subsuperficial, na profundidade de 0,2 m com uma linha de tubo gotejador para cada linha de plantio e esta se situou cerca de 0,05 m abaixo das gemas por ocasião do plantio. A vazão dos emissores autocompensados da marca DripNet PC foi de 1,6 L h<sup>-1</sup>, com faixa de pressão de serviço entre 0,4 e 2,5 bar, sendo espaçados em 0,5 m entre si. O manejo da irrigação foi baseado na umidade do solo avaliada com as sonda de capacitância Diviner-2000 e EnviroScan (Sensor Technologies Sentek, Stepney, Austrália). As irrigações foram aplicadas diariamente para repor a água do solo ao limite superior de retenção de água no solo e suspensas em caso de ocorrência de precipitações pluviais. As fertirrigações foram feitas conforme recomendação da cultura (RAIJ et al., 1996) e aplicadas semanalmente entre 25 de março e 28 de agosto de 2013. A irrigação foi feita até o mês de setembro e cancelada a partir de então visando à maturação dos colmos.

Foram utilizadas sondas ECH20-5TE para medir umidade volumétrica ( $\theta$ ), condutividade elétrica (CE) e temperatura (Ts) do solo, e o sistema sem-fio Irriwise para monitoramento remoto. As sondas foram instaladas a 0,2, 0,4 e 0,6 m de profundidade no perfil do solo e foram monitoradas duas épocas distintas: durante o período irrigado e não-irrigado. O período irrigado (PI) monitorado foi entre 21 de agosto e 04 de setembro de 2013, enquanto o período não-irrigado (PNI) foi de 05 de outubro a 03 de novembro de 2013.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

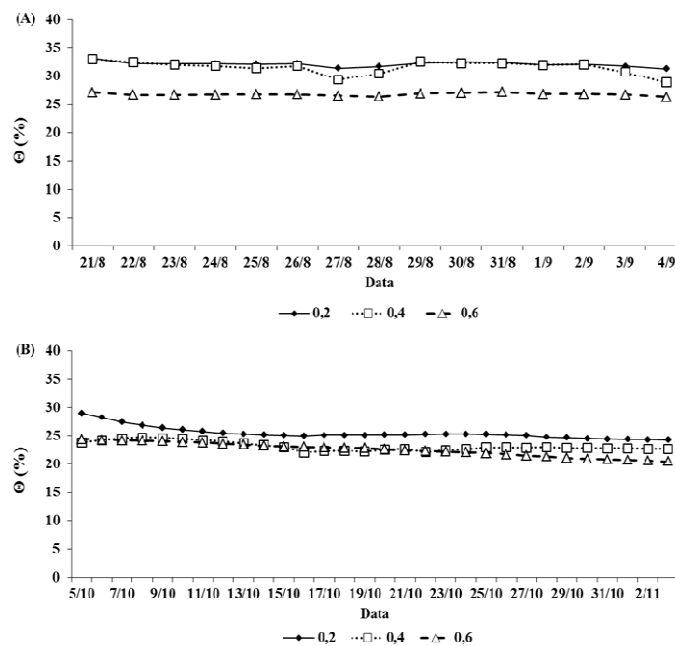
O total de precipitação pluviométrica e irrigação durante os dois períodos monitorados estão apresentados na Figura 1. No PI foram aplicados 210 mm via irrigação e a precipitação pluviométrica totalizou 3,1 mm, enquanto no PNI foram totalizados 57,4 mm de precipitação pluviométrica. A temperatura mínima do ar registrada no PI foi de 12,4 °C e a máxima foi de 24,8 °C. No PNI os valores da mínima e máxima foram, respectivamente, 18,7 e 27,3 °C.

Pode-se visualizar que as irrigações conseguiram manter  $\theta$  entre 32 e 33% nas camadas de 0,2 e 0,4 m de profundidade (Figura 1A) e por volta de 27% na camada de 0,6 m. Quando a irrigação foi suspensa, observou-se valores menores de  $\theta$ , os quais mantiveram-se em torno de 25%. As precipitações pluviométricas ocorridas nos dias 05, 16 e 17 de outubro houve mantiveram  $\theta$  aproximadamente constante. Pode-se observar o aumento gradual de  $\theta$  nas camadas mais profundas após os eventos de precipitação pluviométrica, indicando a redistribuição de água no solo da camada de 0,2 m para as demais.

TABELA 1. Valores diários de precipitação pluviométrica (P), lâmina de irrigação (I) e temperatura média do ar (T) registrados durante o período irrigado (PI), entre e período não-irrigado (PNI), no ano de 2013, em Campinas/SP.

PI				PNI							
Data	P (mm)	I (mm)	T (°C)	Data	P (mm)	I (mm)	T (°C)	Data	P (mm)	I (mm)	T (°C)
21/8	0	6	20,0	5/10	22,8	0	19,9	20/10	0	0	22,7
22/8	0	6	20,5	6/10	0	0	21,2	21/10	0	0	25,0
23/8	0	6	23,1	7/10	0	0	19,1	22/10	0	0	27,2
24/8	0	6	24,8	8/10	0	0	18,7	23/10	12,6	0	25,5
25/8	0	6	24,2	9/10	0	0	19,5	24/10	0	0	26,6
26/8	0	6	24,4	10/10	0	0	21,2	25/10	0	0	27,3
27/8	0,1	6	20,6	11/10	0	0	21,9	26/10	0	0	24,6
28/8	1,9	6	12,4	12/10	0	0	21,3	27/10	0	0	26,7
29/8	0,1	6	14,1	13/10	0	0	21,2	28/10	0,1	0	25,8
30/8	0,0	6	18,4	14/10	0	0	23,8	29/10	0	0	20,7
31/8	0,0	6	21,3	15/10	0,9	0	26,7	30/10	0	0	21,5
1/9	0,0	6	22,0	16/10	8,7	0	25,0	31/10	0,3	0	22,5
2/9	0,0	6	24,1	17/10	5,6	0	19,5	1/11	0	0	22,7
3/9	0,0	6	24,5	18/10	0	0	22,5	2/11	0	0	23,5
4/9	0,6	6	20,6	19/10	5	0	22,7	3/11	0	0	24,7

FIGURA 1. Médias diárias de umidade volumétrica do solo ( $\theta$ ) no período de 21 de agosto a 04 de setembro (A), e no período de 05 de outubro a 03 de novembro (B) nas três profundidades de instalação dos sensores (0,2, 0,4 e 0,6 m), na cultivar IACSP94-2094.



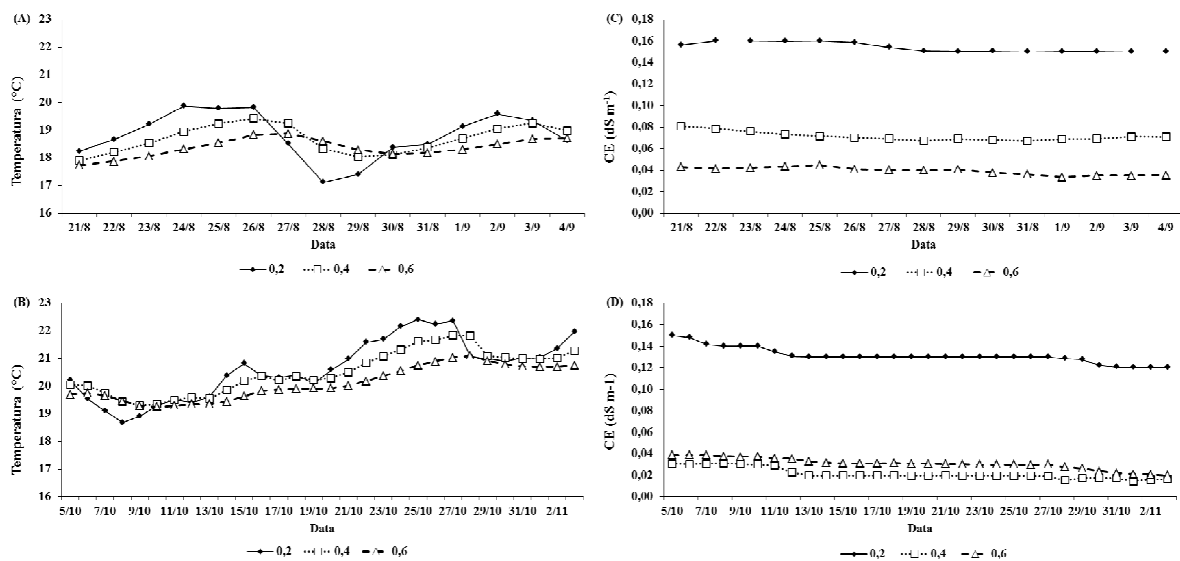
Os resultados obtidos de Ts indicam que a variação desta é inversamente proporcional à profundidade de instalação do sensor. No período irrigado, enquanto a camada de 0,2 m apresentou variação entre a temperatura máxima e mínima de 2,8 °C, na camada de 0,6 m a variação não passou de 1,3 °C (Figura 2 A). No período sem irrigação, observou-se tendência de aumento na Ts em todas as profundidades (Figura 2 B). A variação da Ts seguiu o padrão da variação de T (Tabela 1) e de  $\theta$  (Figura 1).

Quanto à CE, ressalta-se a diminuição dos valores da mesma no período sem irrigação, especialmente na camada de 0,4 m. Isto pode ser explicado pelo fato de a fertirrigação ter sido finalizada no fim do mês de agosto. Neste período, os valores de CE na camada citada variavam em torno de 0,07 dS m<sup>-1</sup> (Figura 3 A), enquanto no período não irrigado e após precipitação acumulada de 100 mm entre começo de setembro e final de outubro, chegou a 0,02 dS m<sup>-1</sup> (Figura 3 B). Nas camadas de 0,2 e 0,6

m essa tendência também foi observada, ainda que com menor amplitude de variação. Isto indica que, em condições com ocorrência de grande volume de precipitação e com manejo adequado, a fertirrigação não representa risco potencial de salinização, visto que os valores observados neste experimento encontram-se abaixo do valor de  $1,7 \text{ dS m}^{-1}$  estabelecido como crítico para a cultura da cana-de-açúcar (ALLEN et al., 1998).

O monitoramento remoto de  $\theta$ , Ts e CE pode contribuir com o manejo da irrigação, auxiliando na manutenção da umidade do solo e reduzindo as perdas por percolação, assim como evitar problemas de salinização pela aplicação excessiva de nutrientes. Pode também fornecer informações sobre temperatura, a qual pode ser utilizada em modelos de produção da cultura (KEATING et al., 1999).

FIGURA 2. Médias diárias de temperatura do solo (Ts, °C) no período de 21 de agosto a 04 de setembro (A), e no período de 05 de outubro a 03 de novembro (B e condutividade elétrica do solo (CE,  $\text{dS m}^{-1}$ ) no mesmo período (Figuras C e D, respectivamente), nas três profundidades de instalação dos sensores (0,2, 0,4 e 0,6 m), na cultivar IACSP94-2094.



**CONCLUSÕES:** O monitoramento remoto permitiu o acompanhamento remoto e diário da umidade volumétrica, condutividade elétrica e temperatura do solo.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage Paper no. 56. Roma: FAO. 1998. 300p.
- DIAS, N. D. S.; DUARTE, S. N.; GHEYI, H. R.; DE MEDEIROS, J. F., SOARES; T. M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 496-504, 2005.
- KEATING, B. A., ROBERTSON, M. J., MUCHOW, R. C., & HUTH, N. I. Modelling sugarcane production systems I. Development and performance of the sugarcane module. **Field Crops Research**, v. 61, n. 3, p. 253-271, 1999.
- OLIVEIRA, J. C. M., TIMM, L. C., TOMINAGA, T. T., CASSARO, F. A. M., REICHARDT, K., BACCHI, O. O. S., DOURADO-NETO, D.; CÂMARA, G. D. S. Soil temperature in a sugar-cane crop as a function of the management system. **Plant and soil**, v. 230, n. 1, p. 61-66, 2001.
- PIRES, R. C. M.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. Irrigação e drenagem. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. v. 1, p. 631-668.
- SOUZA, C. F.; MATSURA, E. E. Avaliação de sondas de TDR multi-haste segmentadas para estimativa da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 63-68, 2002.