

DISTRIBUIÇÃO DA SOLUÇÃO NO SOLO MEDIANTE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL¹

Allan Cunha Barros², Marcos Vinícius Folegatti³, Claudinei Fonseca Souza⁴, Antonio Carilo Cardoso da Silva⁵, Patrícia Ferreira da Silva⁵ & Bruno L. Santoro⁶

RESUMO: O objetivo do trabalho foi estudar distribuição da solução no solo fertirrigado por gotejamento subsuperficial e superficial. O ensaio foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP - Piracicaba, SP. Para o estudo foram abertas 3 trincheiras e instaladas sondas de TDR, dispostas em diferentes profundidades e comprimento, totalizando 17 sondas por trincheira. Os tratamentos foram baseados na profundidade de aplicação (0,00 e 0,10 m) e vazão aplicada (4 L h⁻¹): SUB4 e SUP4. A cada hora era aplicado 1 L de solução de KNO₃, seguida de monitoramento do movimento dos íons com o TDR. Assim, foi possível verificar que: em relação aos sistemas superficiais, os íons aplicados pelos sistemas enterrados atingiram maior largura e profundidade e as maiores concentrações foram obtidas próximas aos pontos de emissão.

PALAVRAS-CHAVES: Fertirrigação, Nitrato de potássio, Nitossolo, TDR.

SOIL SOLUTION DISTRIBUTION DRIP IRRIGATION BY SUBSURFACE AND SURFACE¹

SUMMARY: The goal of this work was assessment to solution distribution applied by subsuperficial and superficial drip irrigation. The rehearsal was done in the experimental area at Department of Engineering Rural of ESALQ/USP - Piracicaba, SP. It were open trenches and installed TDR probes, disposed in different depth and length, totaling 17 probes for trench. The treatments were based on the application depth (0.0 and 0.10m) and flow (4 L h⁻¹): SUB4 and SUP4. Every hour 1 L of KNO₃, following measurements by TDR. Thus, it was verified verify that: in relation to superficial systems, the ions reached larger width and depth, when it applied by subsuperficial drip irrigation, and the largest concentrations were obtained close to the emissions points.

KEY WORDS: Fertigation, potassium nitrate, NITOSOL, TDR

INTRODUÇÃO

A irrigação por gotejamento, quando bem manejada, permite uma maior eficiência de aplicação de água e nutrientes (fertirrigação). Este sistema pode ser utilizado de duas formas: na superfície ou enterrado, também chamado de sistema de irrigação subsuperficial. O sistema de gotejamento enterrado apresenta como vantagens em relação ao superficial a flexibilidade do uso de maquinário agrícola. Além disso, apresenta uma maior disponibilidade de nutrientes, uma vez que o ponto de emissão se encontra mais próximo da raiz, fato importante no manejo da fertirrigação. Apesar disso, informações sobre o movimento simultâneo da água e dos sólidos dissolvidos são escassos (CLOTHIER & SAUER, 1988). Além de determinar a forma do bulbo molhado, em cultivos com fertirrigação, é importante realizar o acompanhamento da dinâmica e distribuição dos nutrientes no perfil do solo.

A TDR tem sido usada para avaliação do movimento de solutos no solo em tempo real (MMOLAWA & OR, 2000). SOUZA et al. (2007) já utilizaram a TDR para fazer leitura de CE no solo, aplicando os íons nitrato e potássio, respectivamente. Esses autores destacam os benefícios para a pesquisa em fertirrigação, de forma dar subsídios ao entendimento da dinâmica de solutos sob diferentes manejos de fertirrigação. Assim, este trabalho teve como objetivo estudar a distribuição da solução no solo fertirrigado por gotejamento enterrado e superficial utilizando a técnica da TDR.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campus experimental Fazenda Areão, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- ESALQ/USP, no município de Piracicaba – SP em condições de campo. O solo utilizado é classificado como Nitossolo vermelho (EMBRAPA, 1999). A densidade média do solo é de 1210 kg m^{-3} , a capacidade de campo e ponto de murcha permanente são: $0,45 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e $0,25 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e a análise granulométrica revelaram para areia e argila: 29 e 45 %, respectivamente.

O monitoramento da solução e a condutividade elétrica no solo foi realizado por 17 sondas de TDR nos intervalos de tempo: antes da aplicação e após a infiltração. A disposição das sondas no solo seguiu a metodologia proposta por COELHO & ARRUDA (2001). As sondas foram construídas e calibradas seguindo as metodologias propostas por SOUZA et al. (2006). Para instalação das sondas de monitoramento abriu-se uma trincheira com dimensões de 0,40 m x 0,50 m (largura e profundidade). As sondas foram distribuídas com espaçamento de 0,10 m formando uma malha vertical e horizontal promovendo “medidas pontuais” em uma direção a partir do gotejador. Foram abertas três trincheiras, totalizando três repetições para cada ensaio em posições diferentes.

Os tratamentos se constituíram de duas profundidades de aplicação (0,0 e 0,10m) e uma vazão aplicada (4 L h^{-1}): SUB4 e SUP4, com três repetições. A cada hora era aplicado 1 L de solução por repetição, totalizando 10 L, seguida do monitoramento da distribuição da solução no solo. O fertilizante utilizado no ensaio foi o nitrato de potássio (KNO_3). A concentração do nutriente foi estimada pela condutividade elétrica igual a 2 dS m^{-1} ($14,5 \text{ mmol L}^{-1} \text{ KNO}_3$). A aplicação da solução foi feita por sistema de irrigação por gotejamento com emissores autocompensantes. A partir dos resultados do conteúdo de água e da condutividade elétrica do solo, e com o auxílio de um programa de mapeamento superficial em 3D “Surfer”, analisou-se o perfil de distribuição da

solução no solo, durante todo o ensaio, proporcionando informações básicas sobre a formação do bulbo molhado. Os coeficientes de uniformidade de CHRISTIANSEN (1941) foram calculados para as umidades estimadas após cada aplicação da solução, seguindo-se a metodologia adaptada por e OULD MOHAMED EL-HAFEDH et al. (2001), por meio da seguinte equação:

$$CUC=100 [1-\Sigma | X_i - X | /X N] \quad (1)$$

em que,

CUC - Coeficiente de Uniformidade de Distribuição de Christiansen (%);

X_i – Umidade volumétrica ($m^3 m^{-3}$); ou Condutividade elétrica estimada ($dS m^{-1}$);

X – Umidade volumétrica ($m^3 m^{-3}$); ou Condutividade elétrica média ($dS m^{-1}$);

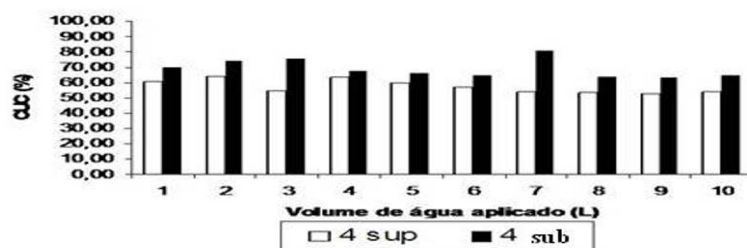
N - Número de pontos estimados.

O volume de controle adotado foi 0,20 x 0,20 x 0,20 m, respectivamente, comprimento, largura e profundidade, tomando como referência o gotejador superficial.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Figura 1 encontram-se os valores dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) para a condutividade elétrica, calculados a partir do volume de controle para as diferentes

de
sistema
apresentou
inicial de



vazões e
profundidades
aplicação. O
enterrado
maior valor
CUC, 70 %

(ENT4), comparado ao sistema superficial 60% (SUP4).

Figura 1. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen para a condutividade elétrica em função da vazão e do sistema para uma determinada região de controle.

As médias dos resultados demonstram, segundo a classificação do CUC, uma distribuição da solução no solo ruim para o ENT4 e inaceitável para o SUP4, sendo a uniformidade afetada negativamente com o acréscimo de volume aplicado, já que com o aumento da umidade há uma maior distribuição de água e sais no solo. Este resultado reflete a não homogeneidade no volume de solo molhado próximo ao gotejador. Em cultura intensiva, o teor de água dos solos pode atingir mais de 80% de uniformidade de distribuição (KELLER & KARMELI, 1975).

Nas Figuras de 2 a 3 foram comparados os perfis de condutividade elétrica (dS m^{-1}) após cada aplicação de nitrato de potássio (KNO_3) no solo para a vazão de 4 L h^{-1} no sistema superficial e enterrado. Para uma maior visualização, cada isolinha representa um acréscimo de $0,03 \text{ dS m}^{-1}$, sendo a CE a forma de estimar indiretamente a concentração de solutos.

Observa-se que o tamanho dos perfis de distribuição de CE tem relação com a disponibilidade da solução aplicada, e não foi notada estabilização do crescimento do perfil em nenhum dos tratamentos durante as aplicações. No sistema ENT4 o aumento entre o primeiro e o último litro aplicado foi de $0,18 \text{ m}$ para a largura e superior a $0,20 \text{ m}$ para a profundidade, no SUP4 foi de $0,13 \text{ m}$ e $> 0,20 \text{ m}$, respectivamente para a largura e profundidade; no entanto, tomando a isolinha referente a $0,14 \text{ dS m}^{-1}$, a primeira após a linha de $0,11 \text{ dS m}^{-1}$, nota-se que houve um menor crescimento do perfil em todas as direções, em compensação ocorre o aumento da concentração, isto ocorreu principalmente a partir dos 4 L nos sistemas, SUP4 e ENT4.

Com relação às interações entre os diferentes perfis, observou-se uma distribuição em gradiente da solução no solo, sendo encontrado os maiores valores de CE da solução próximo ao ponto de emissão ($0,38$ e $0,33 \text{ dS m}^{-1}$ para o SUB4 e SUP4, respectivamente) e, conseqüentemente, uma diminuição desta, à medida que se aproxima da frente de molhamento, mesmo resultado encontrado por SOUZA ET al. (2007) para um solo arenoso. FRANCO (2009), desenvolvendo projeto com aplicação de nitrato de potássio no solo observou que as maiores médias concentraram-se nas camadas superiores, tanto para solos argilosos quanto para solos arenosos. Além disso, o mesmo autor aplicando o nitrato de potássio em diferentes taxas obteve o mesmo resultado que o do trabalho atual, em que as taxas de aplicação apresentaram maior poder de carreamento, no entanto, as maiores médias ficaram retidas nas camadas superficiais. Uma hipótese para este fenômeno pode ser baseada no fato de que os íons mais solúveis acompanham a frente de avanço da água, sendo que esta se movimenta um pouco a frente dos sais, em direção ao extremo do bulbo. Conforme VALOCCHI (1984), os sais movimentam-se mais lentamente no solo do que à frente de avanço da água (fluxo de massa), o que proporcionará uma distribuição heterogênea da concentração destes.

Segundo RIVERA (2004), este fato está baseado na capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, ou seja, o potássio da solução do solo interagiu com a CTC, sendo, portanto este elemento retido no solo próximo do ponto de aplicação, de forma que a solução que se deslocou para as regiões mais extremas do bulbo molhado possuía uma concentração iônica menor. Comparando o sistema enterrado ao sistema superficial, nos perfis de CE, verifica-se

que os sais são disponibilizados a uma distância (vertical) bem superior ao ponto de emissão.

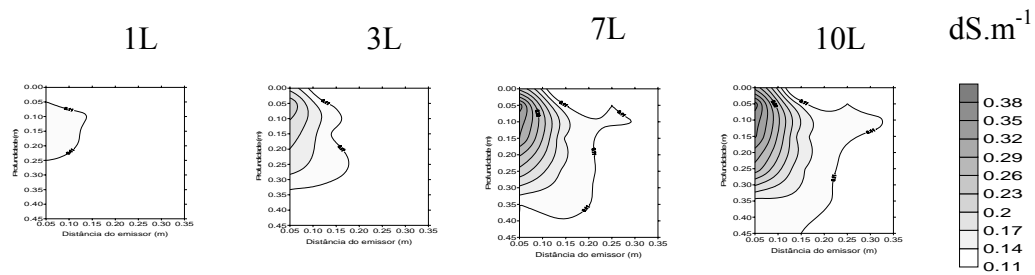


Figura 2. Comparação entre os perfis de distribuição de CE (dS m^{-3}) ao final do processo de aplicação da água no solo (1 a 10L). Vazão de 4 L h^{-1} no sistema subsuperficial.

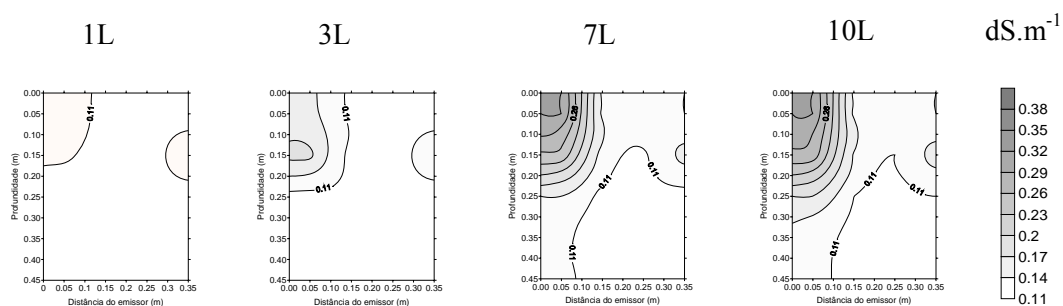


Figura 3. Comparação entre os perfis de distribuição de CE (dS m^{-3}) ao final do processo de aplicação da água no solo (1 a 10L). Vazão de 4 L h^{-1} no sistema superficial.

CONCLUSÕES

Em relação aos sistemas de gotejamento superficiais, os sistemas enterrados atingiram uma maior largura e profundidade em relação ao ponto de emissão. Os maiores valores de condutividade elétrica foram obtidos próximos ao ponto de emissão.

REFERÊNCIAS

- CHRISTIANSEN, J. E. The uniformity of application of water by sprinkler systems. **Agricultural Engineering**; St. Joseph, v. 22, p. 89-92, 1941.
- CLOTHIER, B. E.; SAUER, T. J. Nitrogen transport during drip fertigation with urea. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 52, p. 345-349, 1988.

COELHO, E. F.; ARRUDA, F. B. Aplicações da técnica de TDR: manejo de água no solo. In: MATSURA, E. E. et al. (Eds.). **Aplicações da técnica da TDR na Agricultura**. Campinas: Unicamp, Feagri, 2001. cap. 7, p. 129-145.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro 1999. 212 p.

FRANCO, E. M. **Monitoramento da dinâmica da água e solutos em um perfil de solo, sob sistema de fertirrigação por gotejamento, utilizando sonda de capacitância e extratores de solução**. 2009. 85 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora, Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133 p.

MMOLAWA, K.; OR, D. Root zone solute dynamics under drip irrigation: A review. **Plant and Soil**, v. 222, p. 163-190, 2000.

OULD MOHAMED EL-HAFEDH, A.V.; DAGHARI, H.; MAALEJ, M. Analysis of several discharge ratespacing- duration combinations in drip irrigation system. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 52, p. 33-52, 2001.

RIVERA, R. N. C. **Modelagem da dinâmica da água e do potássio na irrigação por gotejamento superficial**. 2004. 89 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SOUZA, C.F.; et al. Calibração da reflectometria no domínio do tempo (TDR) para a estimativa da concentração da solução no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 282-291, 2006.

SOUZA, C.F. et al. Uso da reflectometria no domínio do tempo (TDR) para avaliar a distribuição do nitrato no volume molhado do solo sob fertirrigação. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 19, n. 2, p. 112-122, 2007.

VALOCCHI, A. J. Describing the transport of ion-exchanging contaminants using an effective Kd approach. **Water Resources Research**, Washington, DC, v. 20, p. 499-503, 1984.