

## **USO DA TDR NA AVALIAÇÃO DE IONS NITRATO NO VOLUME MOLHADO DE SOLO FERTIRRIGADO COM SULFATO DE AMONIO**

E. F. Coelho<sup>1</sup>, M.R Santos <sup>2</sup>, M.A Coelho Filho<sup>3</sup>, T.S. M. Silva<sup>2</sup>

**RESUMO:** O trabalho teve como objetivo avaliar o uso da reflectometria no domínio do tempo (TDR) como meio de monitoramento da condutividade elétrica da solução do solo (CEw) e da concentração de nitrato. Foram instaladas sondas de TDR em uma malha retangular de 0,15 m x 0,15 m em um plano longitudinal sob uma planta, na direção da fileira destas. A condutividade elétrica aparente (CEa) e a umidade ( $\theta$ ) foram monitoradas em cada posição da malha durante alguns ciclos de fertirrigações diárias. O nitrogênio foi aplicado pelo sulfato de amônio. Os resultados mostraram que o uso da TDR pode contribuir significativamente no monitoramento não só de CEw como de íons no solo. Os resultados indicam que há possibilidade de monitoramento do nitrato, inclusive de avaliação de sua extração, entretanto, os períodos de extração de água coincidem com o aumento de CEw e NO<sub>3</sub>, devido aos modelos não incluírem efeito de retirada do sistema radicular.

**Palavras-Chave:** fertirrigação, condutividade elétrica da solução do solo, condutividade elétrica aparente.

## **TDR USE FOR NITRATE MONITORING IN THE SOIL WETTED VOLUME FERTIRRIGATED WITH AMONIUM SULFATE**

**SUMMARY:** This work had as objective to evaluate the use of time domain reflectometry (TDR) as a mean of monitoring soil solution electrical conductivity (CEw) and nitrate concentration. TDR waveguides were installed horizontally in several locations of a rectangular grid of 0.15 m x 0.15 m in a plane under the plant longitudinal to plant row. Bulk electrical conductivity (ECa) and soil water content were monitored at each location of the grid during some daily fertirrigation cycles. The nitrogen was applied by ammonium sulfate. Results showed that the use of TDR might contribute significantly for monitoring not only of CEw, but also of

---

<sup>1(1)</sup> Eng. Agr., Embrapa Mandioca e Fruticultura, C.P. 07, Cruz das Almas 44380-000, BA. Bolsista CNPq.

<sup>2(2)</sup> Est. Agron. Universidade Federal da Bahia, Campus Cruz das Almas, Cruz das Almas, BA

<sup>3(3)</sup> Eng. Agr. Embrapa Mandioca e Fruticultura, C.P. 07, Cruz das Almas, Bolsista RD-CNPq

nitrate ion in the soil. The results indicate that it is possible to monitor nitrate and to evaluate its extraction from the soil, however the periods of water extraction match to the increase of CE<sub>w</sub> and NO<sub>3</sub>, as a consequence. The reason for that is that models do not consider root extraction.

**Key words:** fertirrigation, soil solution electrical conductivity, bulk electrical conductivity

## INTRODUÇÃO

A fertirrigação nitrogenada pode ser feita com uso de diferentes fontes, isto é, a amídica, amoniacal e nítrica. A uréia e o sulfato de amônio são fertilizantes nitrogenados de custo inferior aos fertilizantes nítricos, entretanto, por serem fontes amoniacais, podem, em uso contínuo, no solo, causar acidificação (ROSTON et al., 1986) em maior ou menor grau dependendo da fonte nitrogenada durante o processo de amonificação. Qualquer que seja a fonte nitrogenada, as reações que ocorrem conduzem a liberação de íons amônio ou nitrato no solo, sendo o nitrato a resultante das reações que normalmente ocorrem. Em solos não salinos, o nitrato é íon dominante na solução do solo e sua concentração varia de acordo com os processos físicos, químicos e biológicos do solo (DE NEVE et al., 2000). A avaliação da condição iônica da solução do solo no volume molhado gerado pela irrigação localizada deve ser levada em consideração nos estudos de fertirrigação. Alguns íons que são aplicados por fertirrigação, uma vez monitorados poderiam servir de orientação para definir o momento e a quantidade exata de fertilizante a ser aplicado. O monitoramento de íons na fertirrigação vem sendo feito por alguns produtores, com base no uso de extratores de solução do solo e equipamentos portáteis previamente calibrado que determinam vários íons tais como potássio, sódio, nitrato, cloreto, além de outros. O monitoramento da condutividade elétrica da solução do solo e de alguns nutrientes, é, também, uma realidade em algumas empresas agrícolas. A TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo) pode ser uma alternativa viável para o monitoramento do estado iônico do solo, visando o correto manejo da fertirrigação. É uma técnica, que possibilita a determinação simultânea da umidade do solo ( $\theta$ ) e da condutividade elétrica aparente do solo (CE<sub>a</sub>), em tempo real, de formas contínua, automática e rápida e com o mínimo distúrbio da estrutura do solo, e pode viabilizar, de forma indireta, o conhecimento da condutividade elétrica da solução do solo (CE<sub>w</sub>). Alguns autores têm avaliado o uso da TDR na estimativa da CE<sub>w</sub> em condições de campo (WRAITH & DAS, 1998; MUÑOZ-CARPENA et al., 2001) e têm demonstrado a viabilidade do uso da TDR no monitoramento da CE<sub>w</sub>. Uma vez que CE<sub>a</sub> pode ser obtida a partir de CE<sub>w</sub> e da umidade, pode-se tentar estabelecer relações entre CE<sub>w</sub> e um dado nutriente na solução do solo e por fim

relacionar tal nutriente com a CEa e  $\theta$  medidos pela TDR. Tal exercício tem sido feito por alguns autores como HEIMOVAARA et al. (1995), MUNOZ-CARPENA et al. (2001) verificando que, apesar de baixos ajustes para alguns nutrientes, alguns modelos podem ser viáveis de uso para nutrientes importantes como o nitrato (MMOLAWA & OR, 2000) e o potássio (Silva et al., 2004). Este trabalho teve por objetivo, avaliar o uso da TDR para fins de monitoramento da condutividade elétrica da solução do solo e da concentração de nitrato no volume molhado sob irrigação por gotejamento superficial, com aplicação de nitrogênio via sulfato de amônio numa frequência diária.

### MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na área experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada no município de Cruz das Almas-Ba (12°48’S; 39°06’W; 225 metros). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Amarelo distrófico típico, textura argilosa a moderada, cultivado com mamoeiro (*Carica papaya L.*), cultivar Tainung nº 1, do grupo Formosa. O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento superficial com uma linha lateral junto a fileira de plantas, com dois gotejadores instalados a 0,30 m de cada planta com vazão de 3,75 L.h<sup>-1</sup>. A aplicação de nitrogênio se deu pelo sulfato de amônio em uma frequência diária. A fertirrigação foi realizada com uso de uma bomba injetora hidráulica de vazão 60 L.h<sup>-1</sup>. O experimento foi irrigado durante os períodos déficit hídrico do solo, sendo as quantidades de água definidas a partir de um balanço entre a precipitação e a evapotranspiração diária.

No 15º mês após o plantio, duas plantas foram selecionadas, para abertura de trincheiras na direção longitudinal a fileira de plantas. As sondas de TDR, construídas conforme Vellame et al. (2003) foram instaladas horizontalmente nas trincheiras às profundidades e distâncias horizontais da planta conforme a Figura 1.

Decorrido um mês, a umidade e a CEa do solo foram monitoradas em cada posição durante alguns ciclos de irrigação e de fertirrigação, sendo as leituras realizadas a cada 10 minutos, por um sistema de aquisição de dados, composto de uma TDR acoplada a um “datalogger” para o armazenamento das leituras e três multiplexadores de oito canais para leituras automáticas de 20 posições.

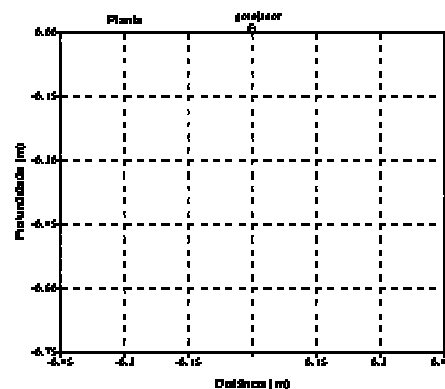


Figura 1. Posição de instalação das sondas de TDR para monitoramento da umidade e da CEa.

Os dados de CEa obtidos durante dois ciclos de irrigação foram corrigidos a temperatura de 25°C conforme US Salinity Laboratory (1954). O comportamento de  $\theta$  e CEa ao longo do tempo foi avaliado em diferentes posições do volume molhado e a distribuição no volume molhado também foi avaliada para diferentes tempos decorridos da fertirrigação. A condutividade elétrica da solução do solo (CEw) foi estimada do modelo empírico de Vogeler & Clothier (1996). Um modelo potencial foi ajustado aos dados de CEw e  $\text{NO}_3$ . Em seguida, a partir do modelo de Vogeler & Clothier (1996), em associação com o modelo potencial  $\text{CEw} = a \text{NO}_3^b$ , obteve-se um modelo de estimativa de  $\text{NO}_3$  em função da CEa e da umidade. Os modelos de estimativa de CEw e de  $\text{NO}_3$  foram aplicados aos dados de campo para avaliação do comportamento da CEw e do  $\text{NO}_3$ .

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referem-se a uma condição de três fertirrigações diárias. A variação de CEa com o tempo para algumas posições no perfil, acompanha exatamente a variação de umidade, isto é, nos períodos de ocorrência de maiores teores de água corresponde aos períodos de maiores valores de CEa e vice-versa (Figura 2). Selecionou-se um período em que a umidade do solo se manteve constante, o que ocorreu entre 17 e 24 h após a primeira fertirrigação. Nesse período foi analisado CEa, CEw e a concentração de  $\text{NO}_3$ . Os valores de CEa se mantiveram constantes no período, acompanhando os valores de umidade. Os valores de CEw, totalizados em todos os pontos do perfil, bem como a média do perfil, foram mais elevados no tempo 17 h reduzindo-se para 24 h, sendo que o mesmo ocorreu com o  $\text{NO}_3$ , isto é mais alto às 17 h (concentração total e média de todos os pontos do perfil) e menor às 24 h (Figura 2). Esse resultado tem coerência,

uma vez que esse período sucede ao período de redistribuição de água, que se iniciou após a irrigação (fertirrigação), é um período em que ainda pode haver redistribuição, portanto a redução de CEw e NO<sub>3</sub> pode se referir a alguns pontos, mas mesmo assim, a extração de nutrientes pelo sistema radicular é detectado, uma vez que a somatória total das CEw ou NO<sub>3</sub> reduziu-se nesse período. Nos períodos anteriores a irrigação, por exemplo, entre 24 h e 30 h, verificou-se uma redução acentuada na umidade, que se deveu a extração de água pelo sistema radicular. Nesse período, com a redução no teor de umidade, ocorre aumento da concentração da solução do solo e conseqüentemente ocorre aumento da concentração de nitrato, embora certamente o nitrato esteja sendo absorvido nesse período. Nos períodos de irrigação ou fertirrigação, com o aumento da umidade do solo, CEw tende a reduzir-se, bem como a concentração de NO<sub>3</sub> (Figura 3). A avaliação da extração do NO<sub>3</sub> poderia ser feita com base na concentração do mesmo no início da parte descendente da curva de umidade com o tempo. A extração total poderia ser determinada entre esse tempo e o tempo correspondente início da irrigação (30 h) integrando o produto entre a concentração de NO<sub>3</sub> e a variação de volume de água extraída, a exemplo do que recomenda MMOLAWA & OR (2000). Entretanto, a princípio, a avaliação do NO<sub>3</sub> ou CEw pela comportamento do gráfico em si, nos períodos de extração de água não conduzem a resultados coerentes. As maiores concentrações de nitrato ocorreram entre 0,30 e 0,40 m de profundidade, entre -0,30 m e 0 m, ou seja, entre a planta e o emissor superficial.

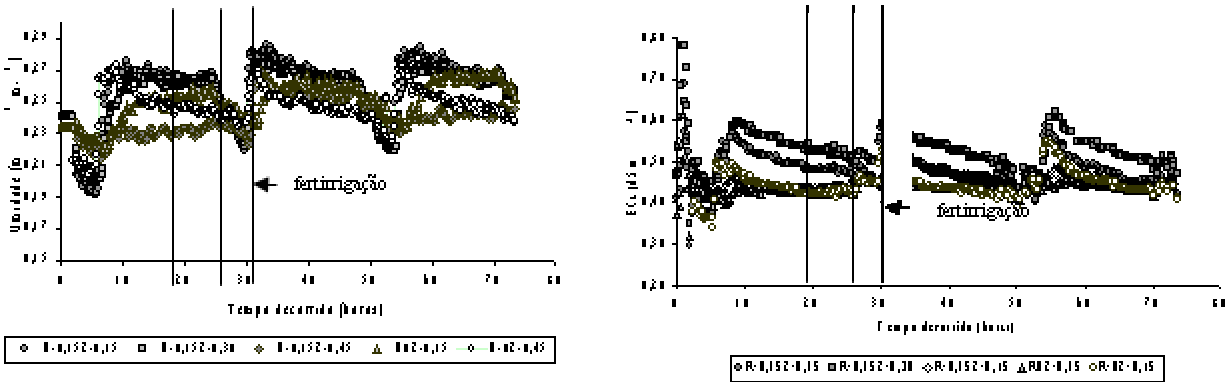


Figura 2. Evolução da umidade e da CEa ao longo do tempo em algumas posições do perfil.

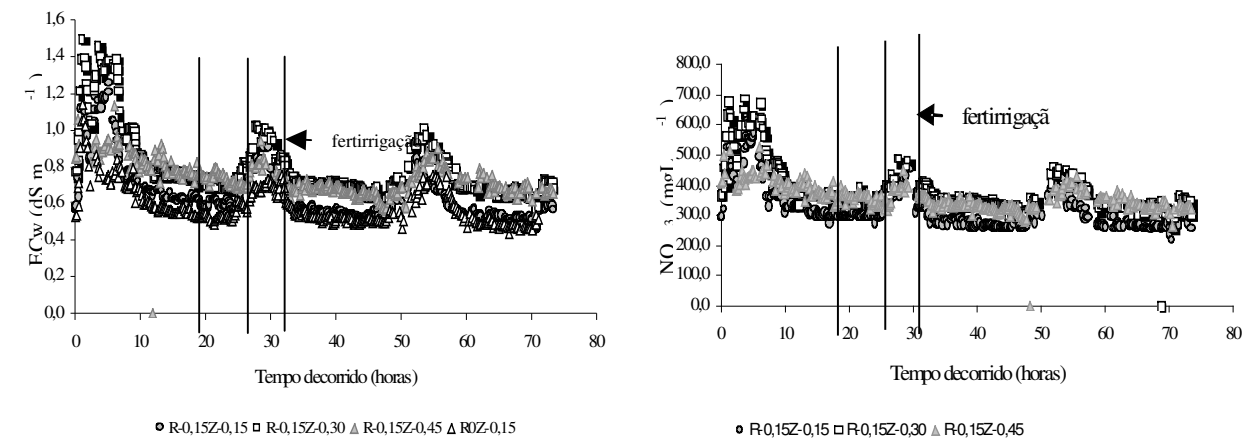


Figura 3. Evolução da CEw e NO3 ao longo do tempo em algumas posições do perfil.

## CONCLUSÕES

Há possibilidade de monitoramento da CEw e do nitrato, com uso da TDR, inclusive de avaliação de sua extração, entretanto, os períodos de extração de água coincidem com o aumento de CEw e NO3, devido aos modelos não incluírem efeito de retirada dos íons do sistema radicular.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- DE NEVE, S.; DE STEENE, J.V.; HARTMANN, R.; HOEMAN, G. Using time domain reflectometry for monitoring mineralization of nitrogen from soil organic matter. *European Journal of Soil Science*, v. 51, p. 295-304. 2000.
- HEIMOVAARA, T. J.; FOCKE, A. G.; BOUTEN, W.; VERSTRANTEN, J. M. Assessing temporal variations in soil water composition with time domain reflectometry. *Soil Science Society of America Journal*, 59: 689-698, 1995.
- MMOLAWA, K. OR, D. Root zone solute dynamics under drip irrigation: A review. *Plant and Soil*, v. 222, p.163-190. 2000
- MUÑOZ-CARPENA, R.; REGALADO, C. M.; ALVAREZ-BENEDÍ, J.; SOCORRO, A. R.; PÉREZ, N. Determinación simultánea mediante TDR del transporte de agua y un soluto salino en el suelo. In: López, J. J. E Quemada, M. ed. V, *Temas de Investigación en Zona no Saturada*. p. 1-7. Pamplona: Universidade Pública de Navarra, 2001.
- U. S. SALINITY LABORATORY STAFF. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils: U. S. Dept. Agriculture Handbook 60: 1-160, 1954.
- VOGELER, I.; CLOTHIER, B. E. Characterizing water and solute movement by TDR and disk permeametry. *Soil Science Society of America Journal*, v.60, p. 5-12, 1996.