



Uso da técnica de reflectometria no domínio de tempo para medir a água no solo

FOTO MAURÍCIO ALMEIDA



XI CONIRD
4th IRCEW

PC-OK
PAT-OK

O ponto crítico de um manejo de irrigação eficiente em nível de propriedade agrícola é o conhecimento da quantidade de água disponível no solo às plantas e da necessidade hídrica da cultura. A medida e o monitoramento da água do solo são importantes partes desse manejo, pois podem evitar as perdas econômicas e de produção (quantidade e qualidade), decorrentes do déficit ou do excesso de irrigação. Os efeitos ambientais de uma irrigação em excesso também poderão ser evitados, tais como desperdício de energia e de água, lixiviação de nutrientes e outros elementos químicos presentes no solo com potencial de contaminação do lençol freático. Na ausência de um sistema de irrigação automatizado, um manejo de irrigação eficiente pode permitir também um melhor aproveitamento da mão-de-obra.

LUÍS HENRIQUE BASSOI

EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, CP 23, 56300-970, PETROLINA/PE
E-MAIL: lhbassoi@cpatsa.embrapa.br

A técnica de reflectometria no domínio do tempo (TDR) tem sido utilizada durante décadas para a localização de defeitos em cabos elétricos. O procedimento tem como base o envio de um pulso de onda eletromagnética ao longo do cabo e, dependendo do dano (ruptura parcial ou total), a onda é parcial ou totalmente refletida do ponto onde ele se encontra. Conhecendo a velocidade com que o pulso percorre o cabo e o tempo da reflexão do pulso, pode-se determinar a distância em que o defeito se encontra. Inversamente, se conhecermos a distância na qual o pulso viaja, o tempo de percurso nos informa a velocidade do pulso e as propriedades do material condutor.

A adaptação da TDR, para medir a água no solo em condições de campo e de laboratório, foi apresentada por Topp et al. (1980), quando a medida do tempo de percurso de uma onda eletromagnética foi relacionada com a umidade do solo (θ , $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), por meio de uma equação polinomial do terceiro grau, para diferentes tipos de solos. A medida é feita em um pequeno volume de solo, com relativa facilidade de operação. A possibilidade de determinações múltiplas e de modo automatizado permite a análise das alterações de θ , no tempo e no espaço.

A propriedade principal que influencia a velocidade de condução de uma onda eletromagnética através de um material é a constante dielétrica (ϵ) desse material, que é uma medida da capacidade de um material não condutor de transmitir ondas ou pulsos eletromagnéticos. A constante dielétrica do solo é muito menor que a da água e pequenas mudanças na quantidade de água livre têm um grande efeito nas propriedades eletromagnéticas do meio água do solo. Assim, a velocidade com que um sinal eletromagnético percorre um material, varia com a constante dielétrica desse material.

Quando um campo elétrico ou sinal eletromagnético é gerado em um material, um deslocamento parcial de elétrons ocorre dentro dos átomos e moléculas do material. As moléculas da água, bipolares e livres, alinham-se com o campo. A constante dielétrica de um meio é a medida de quanto um campo elétrico é reduzido (relativo ao vácuo), por esses efeitos de polarização. Com o aumento da constante dielétrica, não apenas o campo elétrico é reduzido, mas também a velocidade de propagação do sinal eletromagnético. Ou seja, maior a constante dielétrica, mais lento é o pulso que percorrerá o meio. A velocidade (v) da propagação é inversamente proporcional à raiz quadrada da constante dielétrica (ϵ):

$$v = c / \sqrt{\epsilon}$$

em que: c é a velocidade da luz no vácuo (3.10^8 m s^{-1}).

O tempo de percurso da onda eletromagnética ao longo da sonda de comprimento L é:

$$t = 2L / v$$

Assim, o tempo de percurso da onda é proporcional a Θ , devido ao aumento da constante dielétrica do solo (ϵ), como definido por Fellner-Feldegg (1969):

$$t = (2L\sqrt{\epsilon}) / c$$

Essa equação é fundamental para a TDR e para a determinação da constante dielétrica em um meio poroso. A água apresenta uma alta constante dielétrica (80,4 a 20°C, 78,5 a 25°C). As moléculas no solo estão, em grande parte, fixas, e o solo tem uma constante dielétrica baixa (entre 3 e 5). A constante do ar é efetivamente 1, enquanto que metais e materiais magnéticos têm altos valores de ϵ . Assim, em solos que não contêm componentes magnéticos ou metálicos, a água determina o valor de ϵ , ou seja, maior a quantidade de água, mais próximo o valor para a água. Se o solo está saturado, o tempo de percurso da onda ao longo da sonda é prolongado devido ao maior

valor de ϵ . Se o solo está seco, o valor de ϵ é baixo e o tempo de percurso é menor.

Os fabricantes fornecem curvas de calibração do equipamento de TDR, com base em solos de diferentes texturas e densidades, geralmente de clima temperado. A calibração no local de aplicação de técnica é recomendável, principalmente, quando se deseja saber o valor absoluto da umidade do solo, devido às diferenças existentes quanto a esses atributos do solo. Além disso, os solos tropicais apresentam maiores teores de óxidos de ferro e de magnésio, que influenciam a propagação da onda eletromagnética. Basicamente, a calibração pode ser feita pela relação entre o teor de água no solo, determinado pelo método gravimétrico, e sua respectiva leitura do equipamento de TDR (tempo de percurso da onda na sonda). Essas determinações devem ser feitas em um intervalo de umidade que represente a variação de umidade do solo em condições de laboratório ou campo. Por se tratar de um equipamento de alto custo, tem sido utilizado basicamente em pesquisas científicas.

Na Embrapa Semi-Árido, em Petrolina, estão sendo realizados trabalhos sobre a estimativa de consumo de água em espécies frutíferas. A técnica de TDR está sendo empregada para a estimativa do consumo e análise da dinâmica de água na zona radicular. Além de livros, anais de eventos e artigos em periódicos científicos, existem informações facilmente disponíveis sobre a técnica de TDR na internet, principalmente as relacionadas com os equipamentos. As informações devem ser consultadas, para que possa ser definido o tipo de equipamento que atenda à necessidade de cada usuário. Informações sobre a técnica podem ser encontradas em www.sowacs.com, www.microirrigationforum.com/new/sensors, www.npird.gov.au/projects/finalrep_pdf/index.html, www.iti.northwestern.edu/tdr/. Outras informações sobre os tipos de equipamentos podem ser encontradas em www.imko.de, www.decagon.com, www.soilmoisture.com, www.delta-t.co.uk, www.eijkelkamp.com, e www.ensica.com.

LITERATURA CONSULTADA

- Fellner-Feldegg, H. The measurement of dielectric in the time domain. *Journal of Physics and Chemistry*, v.73:616-623, 1969.
- Topp, G. C.; Davis, J. L.; Annan, A. P. Electromagnetic determination of soil water content; measurement in coaxial lines. *Water Resour. Res.*, 16 (3): 574-582, 1980.