



Análise da influência de sistema radicular no solo através de método de prospecção geoeletrico⁽¹⁾

Jose Rodrigo dos Santos Silva⁽²⁾; Fabiana Fernandes Ferreira de Godoi⁽³⁾; Francisco de Assis Profeta⁽⁴⁾; Wesley Pacheco Calixto⁽⁵⁾; Maria Carolina da Cruz Miranda⁽⁶⁾

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Arroz e Feijão e do Instituto Federal de Goiás (IFG); ⁽²⁾Mestrando; IFG - Programa de Pós-Graduação em Tecnologias de Processos Sustentáveis (PPTPS); Goiânia, Goiás; jotissimaeng@gmail.com; ⁽³⁾Mestranda; IFG – PPTPS; fabianagodoi28@gmail.com; ⁽⁴⁾Mestrando; Universidade de Brasília (UnB) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Eletrônicos e de Automação (PGEA); fagricola@yahoo.com.br ⁽⁵⁾Professor Doutor; Universidade Federal de Goiás (UFG) – Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação (EMC/UFG); wpcalixto@ieee.org ⁽⁶⁾Professora Doutora; IFG – PPTPS; carol.miranda@gmail.com.

RESUMO: Apesar da importância do conhecimento dos aspectos de crescimento e desenvolvimento das raízes das culturas para o manejo agrícola do solo, há poucos estudos sobre sistema radicular de plantas, devido principalmente às dificuldades metodológicas; a maioria dos estudos em condições de campo é de natureza destrutiva, tanto para as plantas, como para o solo. O objetivo deste trabalho é desenvolver método de monitoramento indireto do solo através do valor da condutividade elétrica, de forma a servir como indicador da presença de raízes. Para isto utilizou-se o método de prospecção geoeletrico baseado no arranjo de Wenner. Para realização deste trabalho, um terreno de 54m² foi delimitado e seu solo, classificado como latossolo-vermelho-ácrico-típico, cultivado com culturas irrigadas. Os dados de condutividade elétrica foram coletados semanalmente ao longo da área cultivada, durante o ciclo de desenvolvimento das culturas, para a geração de mapas de distribuição espacial da condutividade elétrica. Foi realizado também um experimento de bancada, com a utilização de vasos de 0,014 m³, cultivados com as mesmas espécies de plantas do experimento de campo e monitorada a condutividade elétrica. Os resultados mostraram que os valores de condutividade elétrica durante o período de monitoramento tiveram redução significativa devido a presença de raízes no solo. No experimento de campo, os valores variaram entre 2,362 a 0,109 mS m⁻¹ e no de bancada entre 19,544 a 0,115 mS m⁻¹. Concluiu-se que este método de prospecção geoeletrico pode ser utilizado para monitoramento do solo na identificação de regiões com presença de raízes.

Termos de indexação: Condutividade elétrica do solo, Raízes, Latossolo vermelho.

INTRODUÇÃO

O sistema radicular é composto por raízes que desempenham funções importantes para a planta, como absorção de água e nutrientes do solo e

outras funções como, propagação, nicho para organismos livres associados e simbiotes, fonte de matéria orgânica, etc. (Fitter, 1996; Raven et al., 1996).

Os estudos sobre o sistema radicular das culturas são fundamentais para o aperfeiçoamento dos tratamentos culturais como adubação, irrigação localizada e subsolagem (Neves et al., 1998). Apesar da importância das raízes para o manejo do solo, há poucos estudos sobre o sistema radicular das plantas.

Segundo Brasil et al. (2007), as razões para a carência de dados sobre sistema radicular de plantas residem principalmente nas dificuldades metodológicas e pelas características inerentes de crescimento e dinâmica das raízes. Estas crescem naturalmente dentro do volume poroso do solo, distribuindo-se nesse volume segundo direções não uniformes e pelos padrões endógenos de ramificação. Além disso, o solo é um meio de crescimento opaco, o que torna difícil a observação e a avaliação in loco das raízes. Isto tem implicações diretas nos aspectos metodológicos dos estudos.

A maior parte dos estudos do sistema radicular em condições de campo é de natureza destrutiva, tanto para as plantas, como para o ambiente edáfico imediato. Extrair raízes do solo através de métodos que envolvem a escavação do solo ainda continua a ser um dos procedimentos mais usados nos estudos de sistemas radiculares e o principal entrave para os pesquisadores (Brasil et al., 2007).

Com relação aos métodos não destrutivos disponíveis, como minirhizotrons e rhizotrons, estes são aplicáveis somente para experimentos de pequena escala e nem sempre representam as condições de campo e apresentam certo grau de invasão no solo (Amato et al., 2009). Porém, tem surgido o desenvolvimento de novas tecnologias não-invasivas. Algumas delas foram testadas, tais como: Radar de Penetração no Solo, imagens de raio X e métodos de prospecção geoeletricos (Paglis, 2013). Estes métodos também são



aplicados em pequena escala, porém somente os métodos de prospecção geoeletricos podem ser aplicados em maior escala.

Paglis (2013) e Amato et al. (2009), estudaram a relação da resistividade elétrica do solo com a massa radicular de plantas herbácea e arbórea e em escala de campo e laboratório, e concluíram que o efeito das raízes no solo é quantitativamente detectável por métodos de prospecção geoeletricos.

Os valores de resistividade e condutividade elétrica do solo são obtidos através de métodos geoeletricos que se baseiam na injeção de corrente elétrica no solo, pois o solo tem a propriedade de variar a condutividade elétrica do solo, pois este parâmetro se relaciona com algumas propriedades físico-químicas do solo (Eisenreich, 2001).

Portanto, ao mapear a condutividade elétrica do solo de um terreno, por exemplo, identificam-se áreas com características físico-químicas homogêneas e de posse destes valores mapeados geograficamente dentro de um terreno, é possível dividir as regiões do terreno em áreas de manejo e, então, proceder à coleta de algumas amostras para serem analisadas e, em função das suas propriedades físico-químicas, tomar decisões de como e quanto intervir com os insumos, defensivos e irrigação. O mapeamento da condutividade elétrica tornou-se assim uma ferramenta eficiente na investigação do comportamento e da variabilidade espacial do solo, permitindo identificar áreas com propriedades semelhantes e delimitar unidades de gerenciamento diferenciado (Eisenreich, 2001).

Portanto o desenvolvimento de tecnologias não-invasivas baseadas na injeção de corrente elétrica no solo para avaliar e quantificar o sistema radicular de culturas poderá vir a ser uma ferramenta importante para otimizar a aplicação de insumos, e até mesmo otimizar o emprego de métodos destrutivos, visando a redução do impacto no ambiente edáfico.

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência de sistema radicular de culturas irrigadas por pivô central no solo em escala de campo e de bancada, através da aplicação de método de prospecção geoeletrico, com a finalidade de desenvolvê-lo para o monitoramento indireto do crescimento e distribuição do sistema radicular de culturas no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo deste trabalho foi conduzido na Fazenda Capivara, situada no município de Santo Antônio de Goiás (GO), coordenadas UTM: E 772000 e 775750 e entre N 8649750 e 86444750. A região apresenta, segundo

a classificação de Köppen, clima tipo Aw, tropical de savana, megatérmico, com verão úmido e inverno seco. A temperatura média anual é de 23°C e a precipitação média é de 1.485 mm, com período chuvoso de outubro a abril e período seco de maio a setembro (Embrapa, 2012).

Já o experimento de bancada foi realizado nas dependências do IFG – Campus Goiânia.

Experimento de campo

Uma área de 54 m², irrigada por pivô central, foi delimitada nas dependências da Fazenda Capivara. O solo da área é classificado como LATOSSOLO VERMELHO ácrico típico, de textura argilosa (Embrapa, 2012). Em maio de 2014, o solo da área foi submetido a gradagem e aração, e realizou-se o cultivo das culturas com semeadura manual utilizando sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) e milheto (*Pennisetum glaucum* L.). Foram quatro linhas de plantio de 6m para cada espécie, resultando numa área cultivada de 36m², o restante da área não foi cultivada, servindo apenas como referência. A adubação do solo foi realizada com 50g m⁻² de Fosfato Monoamônico (MAP).

Para o mapeamento da distribuição espacial da condutividade elétrica do solo da área delimitada, foram coletados dados de resistência elétrica do solo, semanalmente, no período de maio a julho de 2014, através de método de prospecção geoeletrico chamado caminhamento elétrico, o qual utiliza o arranjo de Wenner para os eletrodos, onde a cada medição da resistência elétrica os eletrodos são realocados em pontos sobre a malha predefinida. O arranjo consiste de quatro eletrodos, onde dois eletrodos injetam corrente no solo que resulta numa diferença de potencial, que é medida por outros dois eletrodos nas vizinhanças dos eletrodos de corrente. E através da Lei Ohm calculada a resistência elétrica. O aparelho utilizado para a aplicação de corrente elétrica foi um terrômetro digital EM-4055. Este aparelho registra automaticamente o valor da resistência elétrica, sendo necessário posteriormente calcular a resistividade e a condutividade.

Os mapas de distribuição espacial da condutividade elétrica do solo foram construídos utilizando o software Matlab®, que a partir dos dados de resistividade elétrica realizou-se os cálculos de condutividade elétrica, gerando os mapas de acordo com o posicionamento dos pontos de coleta dos dados de resistência elétrica, que ao todo foram 35.

Experimento de bancada

Foi realizado experimento de bancada no período de julho a agosto de 2014 nas dependências do IFG – Campus Goiânia. Foram utilizados quatro vasos de plástico de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), com superfície interna de 0,275 m de diâmetro e 0,30 m de altura, cada um com aproximadamente 0,014 m³ de solo, dispostos sobre uma bancada em local adequado de modo que recebessem incidência da luz solar. Os vasos foram identificados como 1R, 2R, 3R e 4R. Nos vasos 2R, 3R e 4R foram plantadas sementes de sorgo, feijão e milho, respectivamente. O solo do vaso 1R não foi cultivado, apenas adubado, servindo como referência. O solo utilizado no experimento foi coletado no mesmo local da área de estudo do experimento de campo.

Os solos dos vasos receberam a mesma quantidade de adubo, aproximadamente 7 ml de MAP, e durante o período do experimento os vasos recebiam o mesmo volume de água, aproximadamente 850 ml a cada dois dias.

Para obtenção dos dados de condutividade elétrica aparente do solo dos vasos cultivados, as medições de resistência elétrica aparente do solo foram feitas em três alturas diferentes nos vasos: h₁=0,05 m; h₂= 0,16m e h₃=0,26 m, e os orifícios para inserção dos eletrodos foram feitos de modo que ficassem distribuídos nos perímetros dos vasos em cada uma das alturas de medição, de maneira a utilizar o arranjo de Wenner que utiliza quatro eletrodos.

Os dados de resistência elétrica do solo foram obtidos a cada dois dias no período de julho a agosto de 2014. Para as medições utilizou-se o mesmo terrômetro digital utilizado no experimento de campo.

Os valores de condutividade elétrica aparente do solo de cada vaso foram calculados a partir dos valores de resistência elétrica coletados nas três diferentes alturas do vaso. Após a obtenção dos dados foram construídos gráficos de variação da condutividade elétrica durante o período de coleta dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados de Campo

Os valores de condutividade elétrica do solo obtidos no experimento de campo, no período de maio a julho de 2014, tiveram variação entre 2,362 a 0,109 mS m⁻¹. A **figura 1** mostra o mapa de distribuição espacial da condutividade elétrica do

solo na área de estudo antes da semeadura das culturas, que variou entre 1,392 a 2,072 mS m⁻¹.

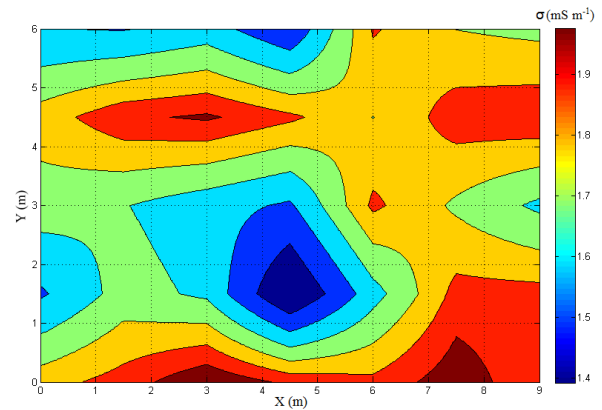


Figura 1 – Distribuição espacial da condutividade elétrica do solo da área delimitada antes da semeadura das culturas, em maio de 2014.

Os valores de condutividade elétrica do solo tiveram uma redução mais significativa com 62 dias após a semeadura das culturas, variando entre 1,947 e 0,520 mS m⁻¹ (**Figura 2**).

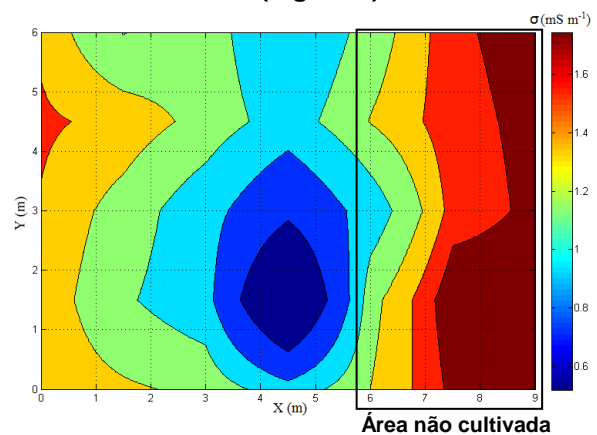


Figura 2 – Distribuição espacial da condutividade elétrica do solo da área delimitada após 62 dias da semeadura das culturas, em julho de 2014.

A redução da condutividade elétrica do solo com 62 dias após a semeadura, foi devido as culturas se encontrarem na fase de florescimento, quando elas têm o máximo de desenvolvimento radicular. Na **figura 2**, observa-se também que os valores de condutividade elétrica da área não cultivada foram maiores em relação a área sob plantio, devido a não influência das raízes.

Resultados de bancada

A condutividade elétrica do solo dos vasos teve variação entre 19,544 a 0,115mS m⁻¹. Nos vasos



cultivados, a tendência foi de diminuição da condutividade elétrica, exceto no vaso 1R que houve pouca variação. Durante o desenvolvimento das culturas, apesar das oscilações, após 26 dias da semeadura, a condutividade elétrica do solo teve diminuição linear dos valores e de forma acentuada. A condutividade elétrica do solo do vaso 2R após 26 dias da semeadura apresentou os maiores valores quando comparados aos valores dos vasos 3R e 4R, sendo que este último apresentou os menores valores (Figura 3).

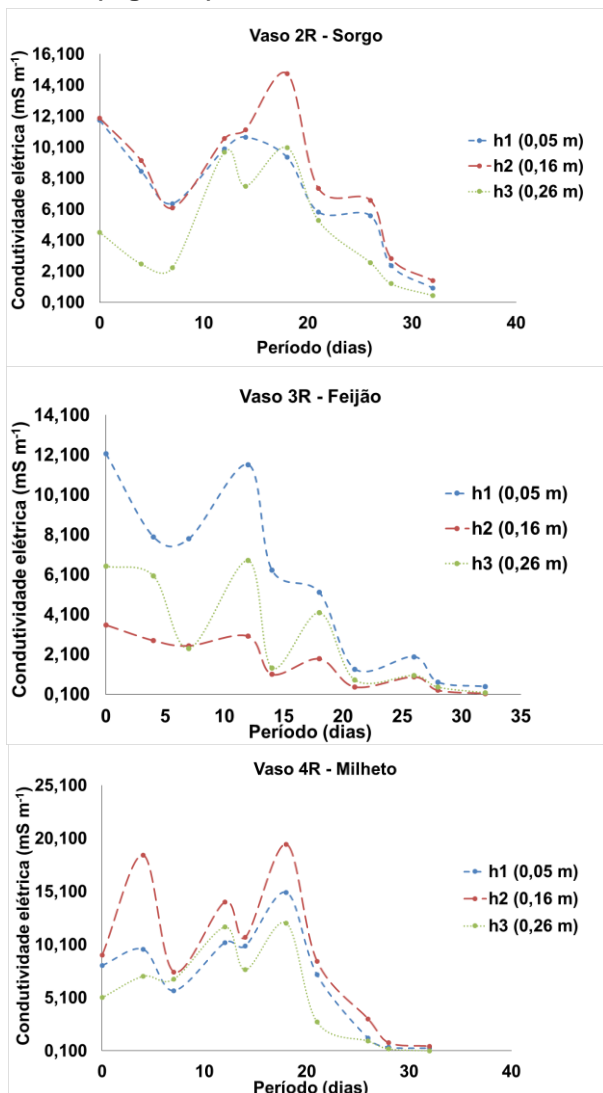


Figura 3 – Variação da condutividade elétrica do solo dos vasos: 2R, 3R e 4R no período de 11/07/2014 a 11/08/2014.

Na **Figura 3** é possível observar que a condutividade elétrica do solo nos vasos 2R e 4R foi menor na altura h3 (0,26m). A menor condutividade elétrica do solo durante o experimento na altura h3 foi devido a maior concentração de raízes que limitou a passagem de corrente elétrica. Com

relação ao vaso 3R, a menor condutividade elétrica do solo foi na altura h2 (0,16m). Com isso, no vaso 3R houve maior distribuição de raízes tanto na altura h2 como na altura h3.

CONCLUSÕES

Os resultados dos experimentos de campo e de bancada mostraram que o método de geoprospecção elétrica adotado pode ser utilizado para a detecção do sistema radicular das espécies cultivadas. A condutividade elétrica do solo foi influenciada pela presença dos sistemas radiculares das três culturas, sendo as raízes de milho que mais influenciaram, havendo redução acentuada dos valores de condutividade elétrica do solo no final dos experimentos.

REFERÊNCIAS

AMATO, M.; BITELLA, G.; ROSSI, R.; GOMEZ, J. A. et al. Multi-electrode 3D resistivity imaging of alfalfa root zone. *European Journal of Agronomy*, vol. 31, no. 4, pp. 213–222, 2009.

BRASIL, F. C.; ZONTA, E.; OLIVEIRA, M. R. Métodos de amostragem e quantificação para estudos do sistema radicular em condições de campo – Uma revisão crítica. *Revista de Ciências da Vida*. Seropédica, RJ, EDUR, v. 27, n° 2. p. 14-33. jul-dez, 2007.

EISENREICH, E. L. Electrical Conductivity Mapping for Precision Agriculture. *Proceedings. Montpellier, Ecole National Supérieure Agronomique: European Conference on Precision Agriculture*, v.3, 2001.

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Levantamento detalhado dos solos da Fazenda capivara município de santo Antônio de Goiás – GO. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Relatório técnico. Agosto de 2012.

FITTER, A. Characteristics and functions of root systems. In: *Plant Roots: The Hidden Half*, WASEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAI, U. Eds., Marcel Dekker, New York, NY, USA, 2nd edition, 1996. p. 1002.

NEVES, C.S.V.J.; DECHEN, A.R.; FELLER, C. et al. Efeito do manejo do solo no sistema radicular de tangerineira 'Poncã' enxertada sobre limoeiro 'Cravo' em Latossolo roxo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.20, n°2, p.246-253, 1998.

PAGLIS, C. M. Application of Electrical Resistivity Tomography for Detecting Root Biomass in Coffee Trees. *International Journal of Geophysics*, 2013.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; CURTS, H. *Biologia vegetal*. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1996. 728 p.