



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

MAPEAMENTO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO COM SENSOR PORTÁTIL EM UM ARGISSOLO NO SEMIÁRIDO

Marlon Gomes da Rocha⁽¹⁾; **Patricia dos Santos Nascimento**⁽¹⁾; **Bruno Ricardo Silva Costa**⁽²⁾; **Juliano Athayde Silva**⁽³⁾; **Luis Henrique Bassoi**⁽⁴⁾ **Ladislau Marcelino Rabello**⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Eng°. Agr°, Doutorando em Agronomia (Irrigação e Drenagem); bolsista do CNPq; Depto Engenharia Rural FCA / UNESP, Rua José Barbosa de Barros, 1780, 18610-307, Botucatu, SP, agrolon@gmail.com; ⁽²⁾ Bolsista de Apoio Técnico do CNPq, Embrapa Semiárido, Caixa Postal 23, 56302-970, Petrolina, PE; ⁽³⁾ Bolsista da FACEPE, Embrapa Semiárido; ⁽⁴⁾ Pesquisador, Embrapa Semiárido; ⁽⁵⁾ Pesquisador, Embrapa Instrumentação, Rua VX de Novembro, 1452, 13560-970, São Carlos, SP

Resumo – O surgimento de ferramentas e metodologias capazes de auxiliar de forma rápida a amostragem para investigar a variabilidade espacial dos atributos do solo é frequente. Assim, o objetivo desse trabalho foi o de avaliar o desempenho de um sensor portátil para a medida da condutividade elétrica aparente (CEap) do solo e verificar a correlação com a umidade do solo (θ), mostrando a sensibilidade das medidas com a repetibilidade. O estudo foi realizado em Petrolina – PE, em um Argissolo Vermelho Amarelo, textura média, cultivado com videira de vinho. As leituras foram realizadas em um grid de 1 x 3 m (espaçamento da cultura), nas profundidades de 0 a 0,40 e 0 a 0,80 m. O monitoramento de θ foi feito pela técnica de reflectometria no domínio do tempo (TDR). A correlação entre CEap e θ pôde ser analisada com a repetição de ambas as medias em 22 e 31 de março e 13 de abril de 2011, com as plantas em repouso vegetativo e sem irrigação; no entanto, ocorreram precipitações que causaram a variação de θ entre as datas de medidas. Os dados de CEap foram submetidos à análise da geoestatística para quantificar o grau de dependência espacial. Por meio das correlações observou-se que a CEap apresentou variabilidade temporal nas três datas, e essa variabilidade é explicada, em grande parte, pela variação de θ , constatando alta dependência entre os fatores estudados, além de mostrar o potencial de uso do medidor portátil de CEap como ferramenta auxiliar na caracterização dos solos.

Palavras-Chave: umidade do solo; repetibilidade; variabilidade espacial

INTRODUÇÃO

Uma das dificuldades em investigar a variabilidade espacial de atributos do solo em uma área agrícola é a necessidade de grandes quantidades de amostras a serem coletadas.

O surgimento de ferramentas e metodologias capazes de auxiliar os usuários a realizarem a amostragem e definição de regiões de estudo de forma rápida, levando em consideração a variabilidade espacial, pode atender essa necessidade.

A visualização espacial de uma área é possível através do mapeamento de diferentes fatores. Nesse sentido as fotografias aéreas, as imagens de satélites, a videografia e a condutividade elétrica do solo tem sido testadas (Mulla & Schepers, 1997).

A medida da condutividade elétrica (CE), tendo como meio condutor o próprio solo, pode ser medida com equipamentos relativamente simples e com grande eficiência operacional a um custo relativamente baixo comparado com outras técnicas (Rabello, 2008). O solo é capaz de conduzir corrente elétrica, e esta uma variável que se correlaciona com vários atributos; assim, essa é uma informação que tem sido testada para visualizar a variabilidade existente em algumas áreas referente à composição química, textura, matéria orgânica, teor de água, entre outros.

O conhecimento do teor de água no solo é importante, pois a eletricidade é conduzida tanto pelos colóides quanto através dos poros retentores de água, os quais dependem da composição granulométrica do solo.

A CE do solo tem chamado a atenção, principalmente, por ser obtida através de métodos eficientes e rápidos como é o caso dos sensores de contato direto com o solo (Celinski et al., 2009).

Existem vários equipamentos para medição da CE do solo, dentre eles os dois principais são os que utilizam o principio da indução eletromagnética e aqueles que usam o contato direto (Rhoades & Corwin, 1984).

Os instrumentos de medidas são sensores que fornece um sinal de saída, baseados em circuitos elétricos e usados para determinar a habilidade de determinados meios em conduzir ou acumular a carga elétrica (Celinski et al., 2009).

Os sensores que penetram no solo medem a condutividade a uma profundidade que são função do espaçamento entre os sensores em contato com o solo (Fritz et al., 1998) e suas características físicas e químicas podem afetar o comportamento do circuito, e assim, os parâmetros elétricos medidos. Jabro et al. (2006) investigaram a variabilidade espacial da CE do solo por contato e verificaram que a CE tem potencial para ajudar os agricultores a definirem áreas de manejo.

Os mapas de condutividade do solo não excluem a análise de amostras em laboratório, porém fornecem uma

orientação na execução de amostragens estratégicas através da identificação de zonas homogêneas (Faulin, 2005).

O presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho em campo de um sensor portátil de condutividade elétrica, e verificar a correlação entre as leituras com a umidade do solo, mostrando a sensibilidade das medidas com a repetibilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de dados para o estudo foi realizada no Campo Experimental de Bebedouro, pertencente a Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE. O solo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico, textura média (Silva, 2005), cultivado com a videira cv. Syrah / Paulsen 1103, espaçada em 1 x 3 m e irrigada por gotejamento.

De acordo com Rabello et al., (2008), o sistema de medida de CE do solo é baseado no sistema de medida de resistividade elétrica conhecido como o método de quatro pontos. Este método consiste de quatro hastes de material condutor de corrente elétrica, denominados de eletrodos, dispostos em linha reta um em relação ao outro. Os dois eletrodos externos são usados para a injeção de corrente elétrica, medida em Ampères, e os dois internos para a medida da diferença de potencial, medida em Volts.

A resistividade é calculada em função do valor de corrente injetada, do valor medido de tensão e das distâncias entre os eletrodos, conforme a equação 1.

$$\rho = \frac{2\pi V}{\left[\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} - \frac{1}{(S_1 + S_2)} - \frac{1}{S_2 + S_3} \right]} \quad (1)$$

A condutividade é definida como o inverso da resistividade, conforme equação 2.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (2)$$

O sistema utilizado consistiu de seis eletrodos, sendo os dois externos para a injeção de corrente, os dois centrais internos para medir a diferença de potencial, para o cálculo da CE na profundidade de 0,40 m, e os dois centrais externos para a medida da diferença de potencial para o cálculo da CE na profundidade de 0,80 m da superfície do solo (Figura 1). Como não foram feitas correlações entre a CE medida pelo sensor e a CE do solo, denominamos a CE obtida pelo sensor como condutividade elétrica aparente do solo (CEap, cS m⁻¹).

As leituras foram feitas no sentido das linhas de plantas, espaçadas em 1 m. Como o comprimento do sensor é de cerca de 1 m, cada medida de foi realizada a cada 2 m, nas profundidades de 0 a 0,40 m e 0 a 0,80 m, obtendo-se distâncias iguais entre os pontos amostrados. As leituras foram armazenadas no aparelho.

O monitoramento de θ em 11 pontos distribuídos na área foi realizado por meio da técnica de reflectometria no domínio do tempo (TDR), nas profundidades 0-

0,15, 0,15-0,30, 0,30-0,60, 0,60-0,90 e 0,90-1,20 m, com um equipamento "Moisture Point" modelo MP - 917, previamente calibrado. A correlação das leituras de CEap em relação à θ pôde ser analisada com a repetição de ambas as medidas em três datas diferentes (22 e 31 de março e 13 de abril de 2011), quando as plantas estavam em repouso vegetativo e sem receber irrigação.

Os dados de CEap foram submetidos à análise por meio da geoestatística com objetivo de quantificar o grau de dependência espacial, utilizando-se o software GS⁺ 7.0. O índice de dependência espacial dos atributos (IDE), que é dado por $[C/(C_0+C)]*100$, foi determinado e classificado, segundo Zimback (2001), assumindo, assim, os seguintes intervalos: dependência espacial baixa para $IDE \leq 25\%$, moderada para $25\% \leq IDE \leq 75\%$ e forte para $IDE > 75\%$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O equipamento portátil demonstrou bom desempenho na determinação da CEap no solo, sendo de fácil operacionalidade e manuseio, tendo grande capacidade de armazenamento de dados. A coleta de dados ocorreu de forma contínua, inserindo as guias de ondas no solo de forma vertical proporcionando deformação mínima no solo, sendo uma das vantagens do método não destrutivo. Outra característica importante do equipamento foi a facilidade de transferência de dados para o computador através de uma interface, de forma simples e rápida.

As medidas de CEap apresentaram variação no tempo (Figura 2) em função da variação de θ (Figura 3) durante a coleta dos dados na área. Os valores médios de θ a 0-0,30 m e 0-0,90 m foram obtidos a partir de medidas feitas em cada segmento da sonda de TDR. Entre a primeira e a segunda medidas e entre a segunda e terceira medidas, ocorreram precipitações pluviométricas (15,4 e 57,4 mm, respectivamente), registradas pela estação agrometeorológica do campo experimental, situada ao lado da área de estudo.

Com base na observação da distribuição espacial da CEap em diferentes datas de avaliação para a camada de 0 a 0,80 m, foi possível observar uma maior homogeneização quando comparada com a distribuição da camada de 0 a 0,40 m. Ainda, os valores de CEap a 0-0,4 m foram próximos na segunda e terceira amostragens, sem grande variação nos valores de CEap, ao passo que a CEap a 0-0,80 m apresentou maior variação entre a primeira e segunda amostragem.

A análise dos mapas referente às leituras mostra que os valores de CEap apresentaram uma variação no tempo à medida que os valores de θ tornaram-se maiores, o que é esperado, já que a quantidade de água é um dos fatores determinantes na capacidade do solo de conduzir corrente elétrica.

Para a profundidade de 0,40 m, em todas as datas de avaliação, foi verificado efeito pepita representando assim a não interferência do ambiente nos resultados obtidos para as características avaliadas. Nesse caso foi empregado para espacialização das medidas de CEap o método de interpolação IDW (inverse distance weighting), para expressar os resultados encontrados. Para as profundidades de 0,80 m foi possível verificar dependência espacial em todas as datas avaliadas, sendo o maior alcance da dependência espacial verificado no dia 31 de março de

2011. De maneira geral a dependência espacial verificada para a profundidade de 0,80 m é classificada como moderada ($25\% \leq IDE \leq 75\%$), conforme os intervalos propostos por Zimback (2001).

Para os propósitos desta etapa inicial de investigação sobre o sensor portátil, foi possível observar que os valores de CEap variaram com a repetibilidade das leituras. Esta variação pode ser atribuída à variação de θ , pois não houve variação nos demais atributos do solo durante o período de amostragem.

CONCLUSÕES

1. Observou-se que a CEap apresentou variabilidade entre as três datas de amostragem, e essa variabilidade é explicada pela variação de θ , constatando alta dependência entre os atributos de solo considerados.

2. Os resultados mostram o grande potencial do medidor portátil da CEap do solo como ferramenta auxiliar na caracterização dos solos.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro, segundo e terceiros autores.

REFERÊNCIAS

- CELINSKI, V. G.; ZIMBACK, C. R. L. & CELINSKI, T. M. Avaliação de um sensor de resistência elétrica e sua correlação com atributos do solo. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 1, n. 1, 2009.
- FAULIN, G. C. Variabilidade espacial do teor de água e sua influência na condutividade elétrica do solo. 2005. 53 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

- FRITZ, R. M. et al. Field comparison of two soil electrical conductivity measurement systems. IN: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4, St. Paul, 1998. Proceedings. St. Paul: ASA; CSSA; SSSA, 1998. P 1211 – 1217.
- JABRO, J. D.; EVANS, R. G.; KIM, Y.; STEVENS, W. B. & IVERSEN, W. M. Characterization of spatial variability of soil electrical conductivity and cone index using coulter and penetrometer-type sensors. *Soil Science*, v. 171, n. 8, p. 627-637, 2006.
- MULLA, D. J. & SCHEPERS, J. S. Key processes and properties for site-specific soil and crop management. IN: PIERCE, F. J. & SADER, E. J. The state of site-specific managements for agriculture. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 1997, p. 1 - 18.
- SILVA, J. A. M. Irrigação lateralmente alternada e com deficit hídrico na videira cv. Petite Syrah. 2005. 99 p. Dissertação, (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y.; NETO, A. T.; LUCHIARI JUNIOR, A. & MOLIN, J. P. Medida de condutividade elétrica do solo adaptada a uma plantadeira. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária. 2008. 4 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Circular Técnica, 46).
- RHOADES, J. D. & CORWIN, D. L. Measurement of inverted electrical conductivity profiles using electromagnetic induction. *Soil Science Society of America Journal*, v. 44, p. 288 – 291, 1984.
- ZIMBACK, C. R. L. Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.



Figura 1. Detalhes do sensor portátil e de sua utilização no campo.

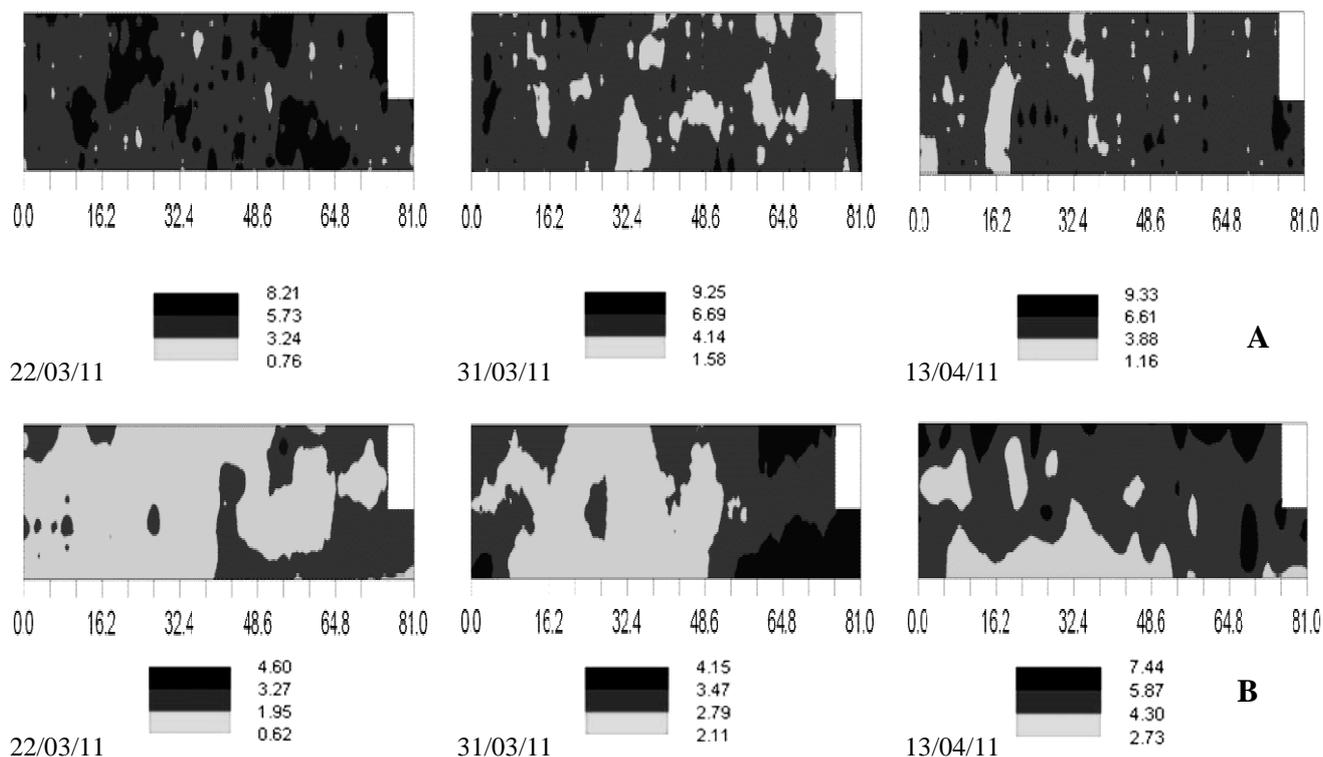


Figura 2. Distribuição da CE (cS m^{-1}) em diferentes épocas de medida nas camadas de 0 a 0,40 m (A) e 0 a 0,80 m (B).

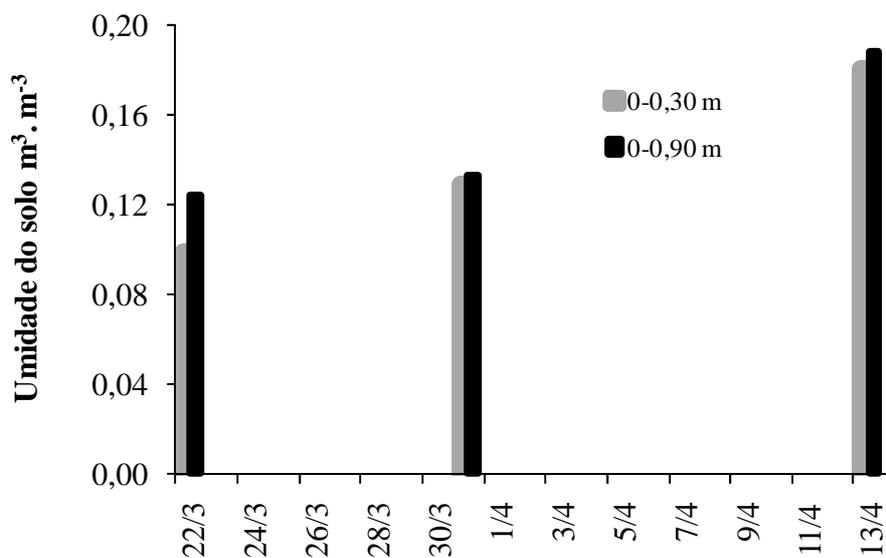


Figura 3. Umidade do solo (θ , $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) nas três datas de medidas.

Tabela 1. Modelos e parâmetros dos variogramas para as datas de medidas pelo sensor portátil da condutividade elétrica do solo a 0 - 0,80 m de profundidade.

Datas de Medidas	Modelo	Alcance (m)	C_0	C_0+C	IDE (%)
22/03/11	Exponencial	3,4	0,291	0,616	52
31/03/11	Esférico	40,6	0,380	0,657	42
13/04/11	Gaussiano	5,3	0,346	1,112	69

Alcance em m; C_0 : efeito pepita; C_0+C : patamar; IDE: índice de dependência espacial.