



Correlação entre dados geofísicos e de umidade gravimétrica em Latossolos sob diferentes sistemas de manejo

Carlos Tadeu Carvalho do Nascimento (*), Universidade de Brasília, Brazil.

Andréia de Almeida, Universidade de Brasília, Brazil.

Iêda de Carvalho Mendes, Embrapa Cerrados, Brazil.

Marcos Aurélio Carolino de Sá, Embrapa Cerrados, Brazil.

Copyright 2013, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 13th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 26-29, 2013.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 13th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

The purpose of this work is to correlate soil moisture content and DC electrical resistivity measurements in an agricultural area located in central region of Brazil, at Distrito Federal, near Planaltina city. In the study area no-tillage and conventional management systems have been established for 20 years. The DC electrical resistivity geophysical method is fairly used in geological and groundwater studies, as well as environmental monitoring activities. This method has high sensibility for moisture variations, and in the soils, this kind of variation can be correlated with structural and textural aspects. Therefore, seems to be possible to use electrical resistivity measurements to estimate variations in physical properties of soils, like moisture content. In this work, electrical resistivity measurements and soil sampling were realized in 2011 September and 2011 November, respectively dry and rainy seasons. As expected, larger soil moisture content was observed in rainy season. In dry season, mean moisture content was 19% and mean apparent resistivity was 1670 Ohm.m. In rainy season mean moisture content was 28% and mean apparent resistivity was 340 Ohm.m. It was observed that soil moisture content increase causes resistivity decrease and that soil resistivity variation was larger in dry season than in rainy season.

Introdução

Um estudo realizado por Nascimento et al. (2011) em uma área experimental da Embrapa Cerrados, Distrito Federal, possibilitou observar diferenças nos valores de resistividade elétrica do solo em parcelas sob diferentes sistemas de manejo. O solo sob plantio direto (PD), apresentou maior resistividade que o solo sob plantio convencional (PC). O predomínio de microagregados capazes de reter mais umidade, com conseqüente diminuição da resistividade na parcela sob plantio convencional, foi apontado como uma possível explicação para essa observação.

Além do método elétrico de corrente contínua, que possibilita avaliar indiretamente a umidade, a análise de umidade gravimétrica é comumente utilizada para determinar o teor de água no solo. O segundo método consiste na obtenção da diferença entre a massa de uma amostra de solo na condição em que foi coletada e depois de seca em estufa por 24 horas (Embrapa, 1997).

O presente trabalho propõe-se a comparar as variações de resistividade elétrica do solo em função da variação de umidade em uma linha ortogonal às parcelas analisadas por Nascimento et al. (2011), dando continuidade à aquele estudo, efetuando-se agora medições nas épocas de seca e de chuva, típicas da região centro-oeste do Brasil.

Método

Os métodos geofísicos têm como uma de suas aplicações, determinar a distribuição das propriedades físicas em subsuperfície, por meio de distorções causadas em campos físicos naturais ou criados artificialmente. Essa distorção se relaciona com a variação espacial de uma propriedade do subsolo como, por exemplo, a densidade, a susceptibilidade magnética, ou a condutividade elétrica. A medição desses campos pode ocorrer sobre a superfície do terreno, sobre corpos de água ou no interior de furos de sonda.

Os métodos elétricos se relacionam com as variações da condutividade elétrica em subsuperfície. A propriedade inversa da condutividade é denominada resistividade elétrica e a identificação e quantificação de variações laterais e/ou verticais desta propriedade, em solos e rochas, por meio da passagem de uma corrente elétrica, são os objetivos do método elétrico de corrente contínua.

Maiores teores de umidade e maior quantidade de material solubilizado na água intersticial causam diminuição da resistividade. Desde o final do século XIX, várias tentativas têm sido feitas para determinar a umidade e a salinidade do solo a partir de medidas de resistividade. Contudo, as correlações matemáticas entre estes parâmetros costumam ter aplicação bastante restrita, em função da grande variabilidade espacial de outros parâmetros do solo, como estrutura, textura, porosidade e condutividade hidráulica, os quais influenciam diretamente o conteúdo de umidade (Edlefsen e Anderson, 1941; Kirkhan e Taylor, 1950; Rhoades e Ingvalson, 1971; Rhoades e Van Schilfgaarde, 1976; Rhoades, 1979; Gardner, 1986; Frohlich e Parke, 1989).

Conforme Fukue et al. (1999), a resistividade do solo depende, no mínimo, dos seguintes fatores: grau de saturação; resistividade do líquido nos poros; porosidade; tamanho, forma e distribuição das partículas sólidas; espessura e composição da camada catiônica dos argilominerais. Curiosamente, a dependência da resistividade em relação a um grande número de fatores pode ser uma vantagem no que diz respeito às ciências do solo. Alguns autores, como McBride et al. (1990), consideram que medidas de condutividade elétrica, e consequentemente de resistividade, podem fornecer uma visão integrada dos parâmetros relacionados com a produtividade agrícola. Ainda no âmbito da produção agrícola, Corwin e Rhoades (1984), por sua vez, defendem que a medição indireta da salinidade do solo, por meio da condutividade elétrica da porção que vai até 90 centímetros é muito importante, uma vez que é nesta porção onde se concentra a atividade das raízes.

Os minerais do solo, em sua maioria, são isolantes, por isso a condução elétrica nos solos salinos é principalmente através da água dos poros, que contém material em solução. A condutividade elétrica também é afetada pelo número, tamanho e continuidade dos poros do solo. A contribuição da condutividade associada aos cátions trocáveis é relativamente pequena e constante, porque sua mobilidade é menor que a dos solutos e pouco afetada pela concentração de sal e pelo conteúdo de água.

No método elétrico de corrente contínua são utilizados dois eletrodos de corrente (A e B) e dois eletrodos de potencial (M e N), os quatro fixados na superfície do terreno. Através dos eletrodos A e B aplica-se uma diferença de potencial e, como resultado desta diferença, uma corrente elétrica contínua começa a percorrer o terreno. O valor da corrente é medido e registrado. Utilizando os eletrodos M e N, mede-se uma diferença de potencial que se estabelece no terreno e que está associada à passagem da corrente. Deve-se notar que o solo já possui um potencial elétrico natural, o qual deve ser subtraído da medição feita com os eletrodos M e N.

Conhecendo-se a corrente que percorre o subsolo, a geometria da disposição dos eletrodos e o potencial medido entre os eletrodos M e N, pode-se obter valores de resistência elétrica, que após processados fornecem dados de resistividade elétrica (Ohm.m), a qual, por estar sendo medida em um meio heterogêneo e anisotrópico, e por ser função do arranjo de eletrodos, é dita aparente (Orellana, 1972; Telford et al. 1990).

As técnicas de ensaio dos métodos geoeletricos podem ser de dois tipos principais: sondagem e caminhamento ou perfilagem. Essas se diferem basicamente pelo procedimento de campo utilizado para se obter os resultados, ou seja, pelo tipo de investigação realizada, vertical ou horizontal. O presente trabalho foi desenvolvido empregando a técnica conhecida como caminhamento elétrico. Esta técnica possibilita conhecer a variação horizontal da resistividade ao longo de uma seção, a uma ou mais profundidades (Orellana, 1972; Telford et al. 1990).

No caminhamento elétrico, os quatro eletrodos são deslocados em grupo sobre o terreno, obtendo-se um conjunto de medidas regularmente distribuídas ao longo de uma dada direção. Quando são executadas várias linhas de medidas em uma dada área, os resultados podem ser apresentados na forma de mapas. A profundidade de investigação depende, entre outros fatores, do espaçamento entre eletrodos (Nascimento et al. 2011).

Existem diferentes maneiras de disposição dos eletrodos uns em relação aos outros para desenvolvimento da técnica. No caminhamento elétrico normalmente emprega-se o arranjo de Wenner, idealizado pelo norte-americano Frank Wenner, em 1915, e que leva o seu nome. Este arranjo caracteriza-se pela disposição equidistante dos eletrodos de potencial e de corrente, segundo uma linha reta. Habitualmente, os eletrodos A e B situam-se nos extremos do arranjo, enquanto M e N situam-se próximo ao centro (Koefoed, 1979; Orellana, 1972). Nesse trabalho, utilizou-se nos levantamentos geoeletricos um resistivímetro modelo Geopulse, fabricado por Campus Geophysical Instruments, Inglaterra. Utilizou-se o arranjo de Wenner, com espaçamento de 1 metro.

A análise gravimétrica da umidade também foi utilizada nesse trabalho. O método gravimétrico é bastante usual e normalmente utilizado como padrão para calibração de métodos indiretos na medição da umidade do solo. A gravimetria aplicada à análise de umidade consiste na medição da variação da massa de uma porção de solo antes e após secagem em estufa.

O presente trabalho foi realizado na Embrapa Cerrados, localizada no Distrito Federal entre as cidades de Sobradinho e Planaltina (Figura 1). As medições foram feitas numa área experimental onde desde 1992 o sistema de Plantio Convencional (PC), comumente praticado na região do Cerrado (uma aração e duas gradagens, sem o uso de culturas de cobertura na entressafra), é comparado ao sistema de plantio direto (PD) ambos sob uma rotação soja/milho. A área foi desmatada em 1978 e cultivada durante oito anos com culturas anuais sob preparo de solo convencional. De 1986 até a instalação do experimento em 1992 ela foi deixada em pousio sendo que anualmente as gramíneas (vegetação predominante nas duas áreas) eram manejadas pelo uso de roçadeiras.

A área do experimento é constituída por duas parcelas medindo respectivamente 50 x 300 metros e 25 x 300 metros, distantes 75 metros uma da outra e com o comprimento maior posicionado na direção sudeste-noroeste (Figura 2). O solo desta área foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso. O clima local é Tropical Chuvoso (Aw), conforme classificação de Köppen. O terreno onde se posicionam as parcelas apresenta suave inclinação para nordeste e altitude média nesse local é de 1170 metros.

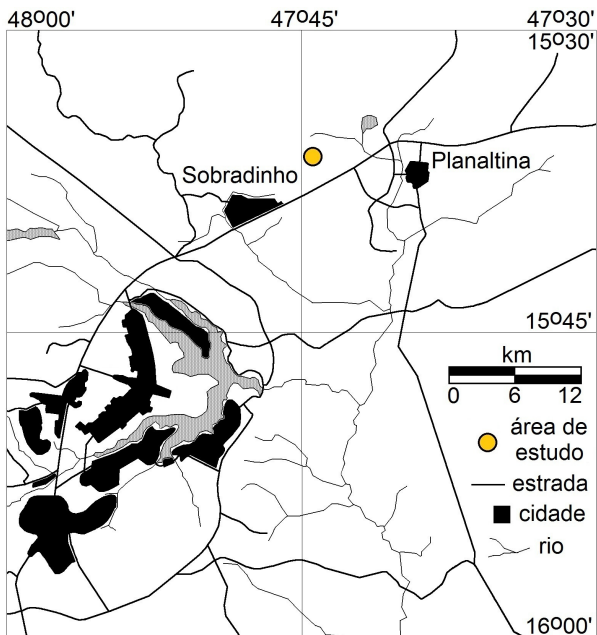


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Nascimento et al. (2011).

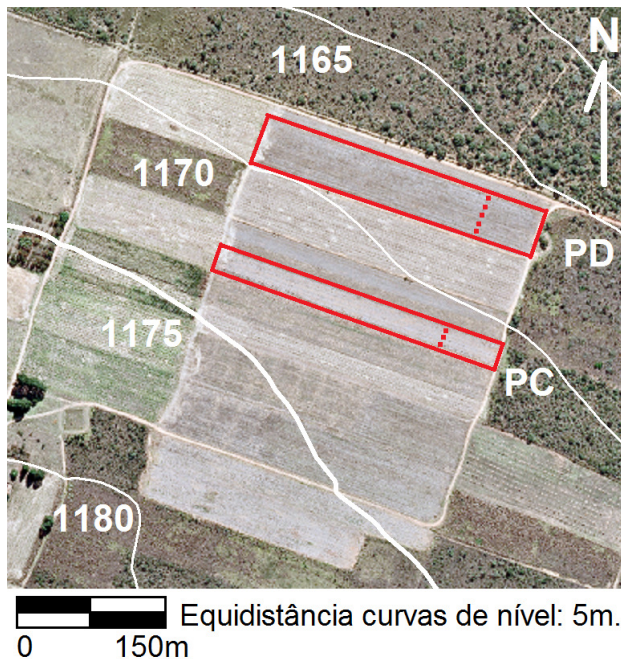


Figura 2. Fotografia aérea da área do experimento com localização dos pontos de coleta de amostras de solo. Fonte: SEDHAB, (2009).

A parcela menor tem como sistema de manejo o plantio convencional de preparo do solo (PC), enquanto que a parcela maior está sob plantio direto (PD). A principal diferença entre esses manejos relaciona-se com o grau de revolvimento do solo, frequente na área com plantio convencional e ausente na área submetida a plantio direto.

Nos dias 14 de setembro (período de seca) e 22 de novembro de 2011 (período de chuva), foram feitas medidas de resistividade elétrica e coleta de amostras de solo para determinação da umidade gravimétrica. Na parcela maior (PD) foram obtidas cinco leituras com o resistivímetro (Figura 2). O espaçamento entre os eletrodos foi de 1 metro e as leituras foram situadas nas posições 4,5m, 14,5m, 24,5m, 34,5m e 44,5m, em cada linha, a partir da borda sudoeste da parcela. Na parcela menor (PC) foram obtidas três leituras. O espaçamento entre os eletrodos foi de 1 metro e as leituras situaram-se nas posições 2,5m, 12,5m e 22,5m, a partir da borda sudoeste da parcela. No local de cada medida de resistividade foi coletada uma amostra de solo correspondente à profundidade de 30 centímetros. A linha do levantamento geofísico corresponde à linha 12 do trabalho publicado por Nascimento et al. (2011) e essa linha foi escolhida por ter apresentado, no referido trabalho, o maior contraste de resistividade.

As oito amostras foram mantidas em estufa por 24 horas a uma temperatura de aproximadamente 105 °C. O cálculo da umidade gravimétrica foi realizado subtraindo a massa da amostra seca da massa da amostra úmida e dividindo esta diferença pela massa da amostra seca. O resultado da divisão foi multiplicado por 100 de modo a expressar a umidade em porcentagem.

Resultados

Após a secagem e obtenção da massa das oito amostras, foram calculadas as porcentagens de umidade gravimétrica em cada uma delas nos dois períodos em estudo (tabelas 1 e 2).

As parcelas experimentais apresentaram valores de umidade em média de 19,27% na época de seca e de 28,24% na época de chuva. Em ambas as situações a umidade nas parcelas sob PD foi maior que naquelas sob PC.

Em setembro, o valor de resistividade nas parcelas foi em média de 1670 Ohm.m. Em novembro, a média destes valores foi de 340 Ohm.m (tabelas 1 e 2).

Comparando as parcelas em relação ao manejo, observa-se que a tendência nos dois períodos de amostragem é de maior umidade nas parcelas sob PD, contrariando a hipótese apresentada por Nascimento et al. 2011. Cabe lembrar que naquele trabalho não foi realizada a determinação da umidade gravimétrica. Observa-se também que a tendência nos dois períodos é de maior resistividade nas parcelas sob PD, confirmando o resultado das medições apresentadas por Nascimento et al. 2011.

A comparação entre os tipos de manejo com base em medidas de resistividade e de umidade embora possível pode não ser conclusiva. A diferença entre os maiores e os menores valores medidos é muito pequena e pode não ser significativa, principalmente porque os solos sob ambos os tipos de manejo tem exatamente as mesmas características texturais.

Tabela 1. Valores de resistividade e umidade gravimétrica no período de seca (setembro de 2011) nos oito pontos estudados.

Amostra	Resistividade (Ohm.m)	Umidade (%)
PC-2,5	1708	18,09
PC-12,5	1400	18,49
PC-22,5	1739	19,13
PD-4,5	1632	19,73
PD-15,5	1657	19,69
PD-24,5	1915	19,72
PD-34,5	1563	19,36
PD-44,5	1745	19,93
Média	1669,88	19,27
Desvio padrão	150,15	0,66

Tabela 2. Valores de resistividade e umidade gravimétrica no período de chuva (novembro de 2011) nos oito pontos estudados.

Amostra	Resistividade (Ohm.m)	Umidade (%)
PC-2,5	324	26,85
PC-12,5	319	28,43
PC-22,5	315	26,62
PD-4,5	360	28,66
PD-15,5	324	28,88
PD-24,5	359	28,57
PD-34,5	345	29,61
PD-44,5	376	28,27
Média	340,25	28,24
Desvio padrão	22,86	1,01

Conforme observado nas tabelas 1 e 2 e nas figuras 3 e 4, a variação da resistividade entre os pontos de medida é maior na época de seca (desvio de 150,15) do que na época chuvosa (desvio de 22,86). A variação da umidade entre os pontos de medida foi relativamente menor (desvio de 0,66 na seca e 1,01 na chuva).

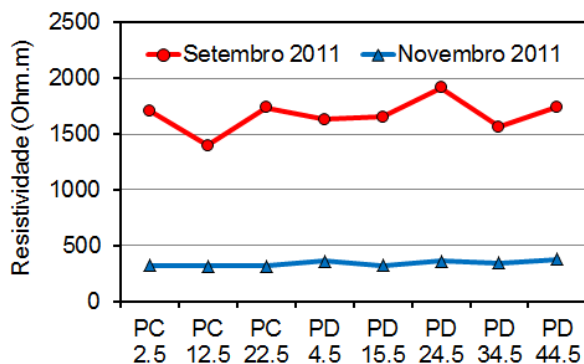


Figura 3. Variação da resistividade na área de estudo nas épocas de seca e de chuva.

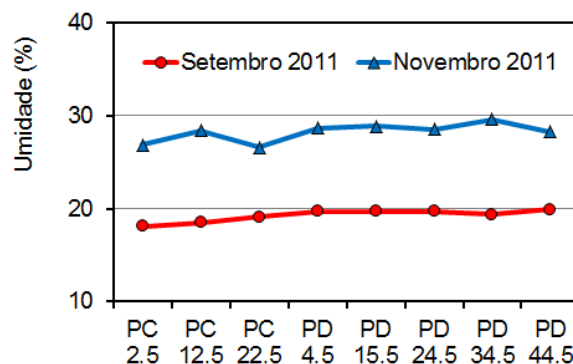


Figura 4. Variação da umidade na área de estudo nas épocas de seca e de chuva.

Existe uma relação inversamente proporcional entre umidade do solo e resistividade elétrica (Figura 5). No período de seca (setembro de 2011) a umidade média das parcelas foi de 19%, enquanto que a resistividade média foi de 1670 Ohm.m. Na estação chuvosa (novembro de 2011), a umidade média foi de 28%, enquanto a resistividade média foi de 340 Ohm.m. O aumento da umidade decorrente da precipitação causou redução e uniformização nos valores de resistividade.

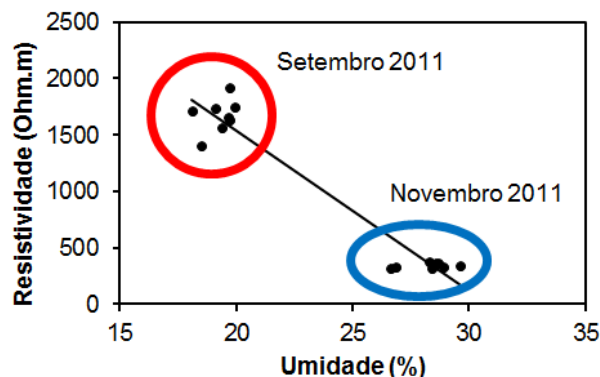


Figura 5. Representação gráfica relacionando umidade e resistividade na área de estudo nos períodos de seca (setembro de 2011) e chuva (novembro de 2011).

Conclusões

Observou-se neste trabalho que a resistividade elétrica do solo é inversamente proporcional ao conteúdo de umidade do mesmo. Observou-se também que, no mesmo tipo de solo, a variação entre medidas de resistividade é maior quando o solo tem menos umidade. O aumento no teor de umidade causa uma redução e uma uniformização no valor da resistividade elétrica. Em relação aos tipos de manejo existentes na área de estudo, observou-se que embora exista diferença entre o comportamento de cada grupo de parcelas, esta diferença pode não ser significativa, em função do pequeno intervalo de variação observado para as variáveis consideradas neste trabalho.

Referências

- Corwin, D. L., Rhoades, J. D., 1984, Measurement of inverted electrical conductivity profiles using electromagnetic induction: *Soil Science Society of America Journal*, 48, 288-291.
- Edlefsen, N. E., Anderson, A. B. C., 1941, The four electrode resistance method for measuring soil moisture content under field conditions: *Soil Science*, 51, 367-376.
- Embrapa., 1997, Manual de Métodos de Análise de Solo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
- Frohlich, R. K., Parke, C. D., 1989, The electrical resistivity of the vadose zone - field survey: *Ground Water*, 27, 524-530.
- Fukue, M., Minato, T., Horibe, H., Taya, N., 1999, The micro-structures of clay given by resistivity measurements: *Engineering Geology*, 54, 43-53.
- Gardner, W. H., 1986, Water content. In: A. Klute (ed.) *Methods of Soil Analysis Part 1 Physical and Mineralogical Methods: American Society of Agronomy / Soil Science Society of America*, 493-544.
- Kirkhan, D., Taylor, G. S., 1950, Some tests of a four-electrode probe for soil moisture measurement: *Soil Science Society of America Proceedings*, 14, 42-46.
- Koefoed, O., 1979, *Resistivity Sounding Measurements*. Amsterdam: Elsevier.
- McBride, R. A., Gordon, A. M., Shrive, S. C., 1990, Estimating forest soil quality from terrain measurements of apparent electrical conductivity: *Soil Science Society of America Journal*, 54, 290-293.
- Nascimento, C. T. C., Mendes, I. C., Dias, L. E. R., 2011, Efeito de diferentes sistemas de manejo na resistividade elétrica de latossolos: Twelfth International Congress of The Brazilian Geophysical Society.
- Orellana, E., 1972, *Prospeccion Geoelectrica en Corriente Continua*: Paraninfo.
- Rhoades, J. D., 1979, Inexpensive four-electrode probe for monitoring soil salinity: *Soil Science Society of America Journal*, 43, 817-818.
- Rhoades, J. D., Ingvalson, R. D., 1971, Determining salinity in field soils with soil resistance measurements: *Soil Science Society of America Proceedings*, 35, 54-60.
- Rhoades, J. D., Van Schilfgaarde, J., 1976, An electrical conductivity probe for determining soil salinity: *Soil Science Society of America Journal*, 40, 647-651.
- SEDHAB., 2009, Mapeamento Aerofotogramétrico do Distrito Federal Folha 55: Secretaria de Estado de Habitação, Regularização e Desenvolvimento Urbano.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., 1990, *Applied Geophysics*: Cambridge University Press.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Geofísica Aplicada da Universidade de Brasília por disponibilizar o resistivímetro, à Embrapa Cerrados por permitir o acesso à área de estudo, Layra Dias, Bruno Maciel e Tamiris Marques pelo auxílio durante os trabalhos de campo.