

## AVALIAÇÃO DE UM SENSOR DE RESISTÊNCIA ELÉTRICA E SUA CORRELAÇÃO COM ATRIBUTOS DO SOLO

Victor George Celinski (Universidade Estadual de Ponta Grossa) E-mail: vgcelski@uepg.br  
Célia Regina Lopes Zimback (Universidade Estadual Paulista) E-mail: czimbach@fca.unesp.br  
Tatiana Montes Celinski (Universidade Estadual de Ponta Grossa) E-mail: tmontesc@uepg.br

**Resumo:** A resistência elétrica do solo têm sido utilizada como uma variável que se correlaciona com os atributos do solo. O presente trabalho teve como objetivos: desenvolver um sensor de resistência elétrica de baixo custo; avaliar seu desempenho em campo; e, verificar a correlação entre a leitura de resistência elétrica com algumas propriedades químicas do solo (pH, M.O., Presina, H+Al, K, Ca, Mg, SB, CTC e V%). A coleta dos dados foi realizada na Fazenda Capão da Onça, pertencente à Universidade Estadual de Ponta Grossa, em uma área com aproximadamente 13 hectares, totalizando 81 amostras. Em cada ponto amostral foi medida a resistência elétrica do solo. Após as leituras e a retirada do sensor, foram coletadas amostras do solo, enviadas e analisadas no laboratório da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista. O instrumento de medida utilizado para a coleta dos dados de resistência elétrica do solo foi um multímetro analógico. Os dados foram submetidos às análises de correlação e regressão. O sistema desenvolvido apresentou um baixo custo e foi capaz de medir as variações da resistência elétrica do solo. As medidas de resistência elétrica do solo também se correlacionaram significativamente com os atributos do solo: cálcio, magnésio e soma de bases. Estes resultados demonstraram a possibilidade de o sensor ser utilizado no controle da fertilidade do solo.

**Palavras-chave:** Sensor de medidas elétricas, resistência elétrica do solo, fertilidade do solo.

## EVALUATION OF A ELECTRICAL RESISTANCE SENSOR AND CORRELATION WITH SOIL ATTRIBUTES

**Abstract:** The electrical resistance of the soil have been used as variables that correlate with its characteristics. This study aimed at developing an electrical resistance sensor of low cost, to evaluate its performance on the field and verify the correlation between the measurements of electrical resistance with chemical properties of soil (pH, MO, P resin, H + Al, K, Ca, Mg, SB, CTC and V%). The data sampling was performed at the farm named "Capão da Onça" which belongs to the State University of Ponta Grossa, in an area of approximately 13 hectares, totalizing 81 samples. In each sampling the electrical resistance of the soil was measured. After the sensor withdrawal, soil samples were collected and were sent to be analysed in the laboratory of the College of Agronomics Science of the Paulista State University. The measuring instrument used to collect data on electric resistance of the soil an analog multimeter was used. The data were submitted to the analysis of correlation and regression. The developed system presented a low cost and it was capable to measuring variation of the electrical resistance of the soil. The measures of the electrical resistance of the soil obtained by the sensor had significantly correlated with the soil attributes: calcium, magnesium, and SB. These results demonstrated the possibility to use a sensor for soil fertility control.

**Keywords:** Sensor of electric measures, electrical resistance of the soil, soil fertility.

### 1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios do século XX, alguns pesquisadores procuravam desenvolver uma metodologia para que os produtores pudessem amostrar, testar e mapear os solos, de forma simples e prática e que resultasse numa economia dos insumos aplicados (GUERRA, 2006). Para Grego et al. (2006), a investigação de possíveis causas da variabilidade espacial encontrada nos resultados de produtividade das culturas tem sido atribuída aos fatores de solo, como as propriedades físicas e químicas. Entretanto, estas são obtidas por amostragens que, na maioria, exigem alta demanda de mão-de-obra, de tempo e de custo.

A condutividade elétrica do solo tem chamado a atenção, principalmente, por ser obtida através de métodos eficientes e rápidos como pelos sensores de contato direto com o solo. Jabro et al. (2006) investigaram a variabilidade espacial da condutividade elétrica do solo por contato e verificaram que a condutividade elétrica tem potencial para ajudar os

agricultores a definirem áreas de manejo. Franceschini et al. (2007) avaliaram a correlação entre a condutividade elétrica por contato e a textura do solo e foram observados elevados valores de coeficiente de determinação entre os fatores estudados, confirmando o grande potencial de uso de sensores de condutividade elétrica como ferramenta, dentre outros, para diminuir gastos com amostragem do solo.

Na pesquisa realizada por Nascimento et al. (2008), observaram que a adição de fertilizantes ao solo modificou suas características de resistividade elétrica do solo e os resultados mostraram que a resistividade elétrica do solo mostrou-se capaz de diferenciar as regiões com adição de fertilizantes no solo. Lezzi (2008), em seu trabalho testou a aplicabilidade do sensor de resistividade elétrica do solo em campo, e os resultados evidenciaram que o sensor pode ser aplicado para medida de resistividade elétrica do solo, porém, seu uso deve se limitar à avaliação de áreas onde o solo é mais arenoso e pouco compactado.

Souza et al. (2008) avaliaram a dependência espacial da textura do solo e da condutividade elétrica utilizando um condutivímetro e os resultados mostraram que a condutividade elétrica está fortemente correlacionada espacialmente com os teores de silte. Adamchuka et al. (2004) relataram que embora exista uma grande variedade de sensores do solo, a maioria deles envolve um dos seguintes métodos de medição: os sensores elétricos e eletromagnéticos, que medem a resistividade, a condutividade, a capacitância ou a indutância elétrica, sendo afetados pela composição do solo.

A maioria dos sensores fornece um sinal de saída, que é afetado por mais de uma característica agrônômica do solo. Sensores elétricos e eletromagnéticos são instrumentos de medida baseados em circuitos elétricos e usados para determinar a habilidade de determinados meios em conduzir ou acumular a carga elétrica. Se o solo for usado como tal meio, suas características físicas e químicas podem afetar o comportamento do circuito e, assim, os parâmetros elétricos medidos.

Para Placido (2005), o sensor genérico pode ser um instrumento, onde o sinal de entrada pode ser uma quantidade, uma propriedade ou um estado, que o sensor converte em uma quantidade elétrica (carga, tensão ou corrente elétrica) e que pode ser amplificada e modificada por circuitos eletrônicos de aquisição e controle. Desta forma, faz-se necessário o desenvolvimento de sensores que realizem determinações com maior rapidez e que possuam boa correlação com o método padrão.

O presente estudo teve como objetivos projetar um sensor de resistência elétrica, avaliar seu desempenho em campo e verificar a correlação entre as leituras de resistência elétrica com alguns atributos químicos do solo (pH, M.O., Presina, H+Al, K, Ca, Mg, SB, CTC e V%), condutividade elétrica em laboratório e o teor de água.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

A coleta dos dados da pesquisa foi realizada em uma gleba da Fazenda Capão da Onça, pertencente à Universidade Estadual de Ponta Grossa, localizada na região dos Campos Gerais, no município de Ponta Grossa, no estado do Paraná. Em um Cambissolo Háplico distrófico de textura média.

O clima da região, segundo Köppen, é do tipo Cfb, sempre úmido, quente temperado, sem estação seca definida e com geadas frequentes no inverno e temperaturas médias de 22 °C no verão. A precipitação anual é em torno de 1.422 mm e a umidade relativa do ar de 75%, em média. O sensor de resistência elétrica desenvolvido no estudo tem o princípio de

funcionamento semelhante ao método dos dois eletrodos, conforme foi exposto por Pincelli (2004).

O processo de montagem do sensor seguiu seu desenvolvimento pela escolha de alternativas práticas e de baixo custo. Procurou-se, então, por um material que fosse menos susceptível à deformações. Foi adotada a opção de utilizar tubos de cobre e de PVC, com 2,2 cm de diâmetro, utilizado em sistemas de água quente residenciais. Foram realizados vários testes com diversas medidas dos eletrodos e do isolador. Verificou-se que o melhor resultado foi dimensionar o sensor com 5 cm de comprimento cada para eletrodo e também o isolador, formando uma haste de 15 cm de comprimento e 2,2 cm de diâmetro para aplicação vertical no solo, com uma das extremidades com forma pontiaguda para facilitar a penetração no solo, confeccionada com material isolante de uma resina acrílica, como pode ser observado na Figura 1.

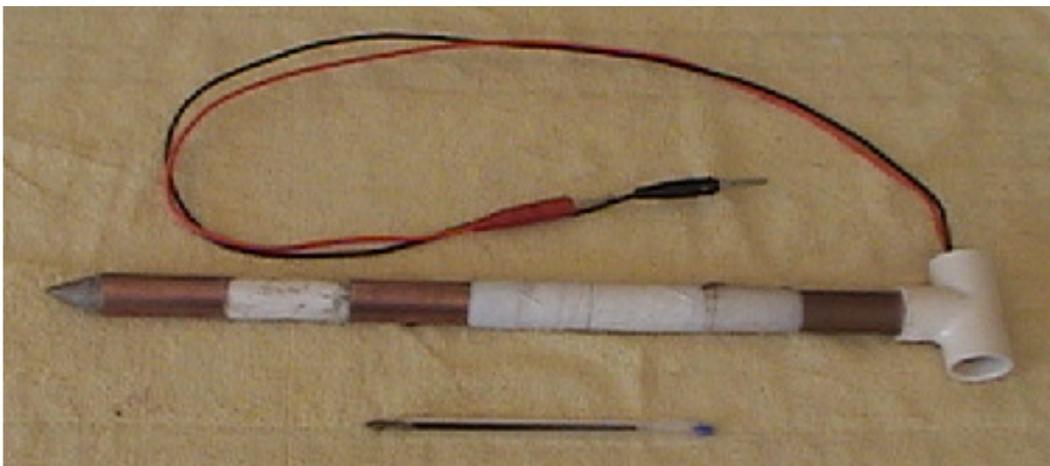


Figura 1 - Sensor de resistência elétrica

Para realizar as medidas de resistência elétrica do solo com o sensor em estudo, foi utilizado um multímetro analógico com ohmímetro, conforme a Figura 2.



Figura 2 - Medição da resistência elétrica do solo com multímetro analógico

Este método é semelhante ao utilizado por Rabello et al. (2005), onde as medidas do sensor são obtidas por meio de um multímetro. As leituras dos valores de resistência elétrica,

e também a coleta das amostras do solo, foram realizadas no período de novembro à dezembro de 2006, imediatamente após a colheita da cultura do trigo.

O sensor foi introduzido verticalmente no solo até 20 cm de profundidade. Essa medida foi escolhida porque é nela que se situa a faixa onde a maior parte das raízes se concentra. Para proteger e facilitar a colocação do sensor no solo foi utilizado um instrumento pré-furador, confeccionado com as mesmas dimensões e o mesmo tubo de cobre usado na montagem do sensor.

As medidas de resistência elétrica foram realizadas para cada ponto amostral antecedendo imediatamente a coleta das amostras do solo. A coleta das amostras do solo foi realizada em uma área comercial de plantio direto com aproximadamente 13 hectares, totalizando 81 amostras, resultando em aproximadamente 6,2 leituras por hectare. Foi estabelecido um plano espacial determinado, mantendo uma regularidade na coleta de amostras por toda a área.

As distâncias entre as amostras não foram iguais, mas a posição relativa de cada amostra foi georreferenciada com aparelho GPS portátil. As amostras foram coletadas manualmente, com trado de 10 cm de diâmetro, na profundidade de 5 a 20 cm, obedecendo a uma seqüência sistemática em cada ponto de amostragem. Na profundidade de 0 a 5 cm não foram coletadas amostras, considerando que nesta profundidade o contato com o sensor seria prejudicado por apresentar-se deficiente.

Foi observado que a colocação do sensor no solo aumenta em alguns milímetros o diâmetro de contato da superfície do solo com o sensor. Logo após a retirada do sensor do solo, em cada ponto amostral foi coletada uma amostra de 1,2 kg de solo, a qual foi colocada num balde. Em seguida, para cada amostra, uma sub-amostra foi retirada do balde, na quantidade de 0,2 kg de solo, acondicionada em embalagem própria de alumínio, devidamente lacrada. Outra quantidade de 0,2 kg foi retirada e colocada em saco plástico específico, identificado pelo número do ponto amostral respectivo. Este conjunto de amostras foi levado ao Laboratório de Solos da Universidade Estadual de Ponta Grossa para realizar as análises dos teores de água e a condutividade elétrica, conforme metodologia preconizada para tais atributos (EMBRAPA, 1997).

O restante da amostra foi colocado em saco plástico específico, identificado pelo número do ponto amostral, e levado para análise química (macro nutrientes) nos Laboratórios da Faculdade de Ciências Agronômicas, da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu. Para analisar a correlação das leituras de resistência elétrica medidas pelo sensor em relação aos atributos químicos, condutividade elétrica em laboratório e o teor de água do solo, foram utilizados os resultados das amostras do solo analisados nos laboratórios referenciados anteriormente. Também foram utilizados os resultados das amostras analisadas para determinar as características químicas de: potencial de hidrogênio (pH), acidez potencial (H+Al), matéria orgânica (M.O.), fósforo extraído da resina (Presina), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), e os seguintes parâmetros: soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V%).

As metodologias de determinação dos teores desses atributos do solo foram as mesmas utilizadas por (RAIJ et al., 2001). Com a finalidade de verificar os valores de correlação dos atributos do solo em relação aos valores das medidas de resistência elétrica levantados em campo, foi realizada a análise de regressão com o gráfico da linha de tendência, apresentando a expressão matemática da relação e o coeficiente de determinação das variáveis. O coeficiente de determinação ( $r^2$ ) é o índice que resulta a percentagem de variação de uma variável que é explicada estatisticamente pela variação na outra variável. Para o cálculo destes parâmetros foi utilizado o programa Microsoft Excel 2003.

Segundo Vanni (1998), o coeficiente de determinação pode ser interpretado pelo sentido relativo quando assumir valores entre 0 e 1, revelando um percentual de ajustamento, onde um ajustamento abaixo de 0,6 demonstra que a variável independente “x” não explica com segurança a variação de “y”. Para análise da distribuição dos pontos nos gráficos foi utilizada a metodologia conforme Doria Filho (1999), que classifica os coeficientes de correlação linear entre variáveis como perfeito, quando o índice de correlação for (=1), forte (> 0,75), médio (> 0,5), fraco (< 0,5) e inexistente (=0).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sensor do presente estudo resultou num sistema mecânico e eletrônico para a realização de sondagens dos atributos do solo no campo, de forma simples, rápida e de baixo custo. Sua principal vantagem é a de poder ser inserido no solo de forma vertical, como uma lança, e retirado com facilidade, proporcionando uma deformação mínima do solo (pequeno orifício de cerca de 2,2 cm de diâmetro).

Como desvantagem, observa-se que a introdução do sensor em solos compactados necessita de um instrumento pré-furador do solo. Os resultados da análise de regressão com o gráfico da linha de tendência, com a expressão matemática da relação e o coeficiente de determinação das variáveis podem ser visualizados nas Figuras 3 a 8.

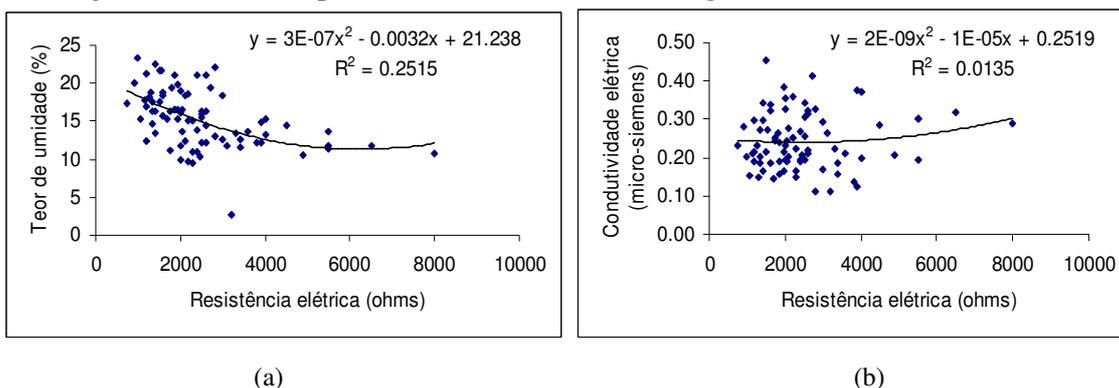
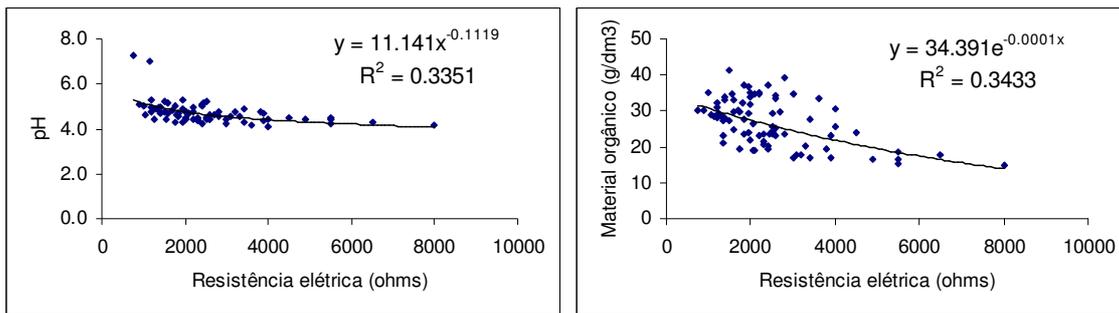


Figura 3 - Gráficos de regressão entre os valores de resistência elétrica com o teor de umidade e com a condutividade elétrica

Pode-se observar na Figura 3 que os coeficientes de determinação de ambos os gráficos, conforme Vanni (1998), não explicam com segurança as variações do teor de umidade e condutividade elétrica em função da resistência elétrica, e a distribuição dos pontos no gráfico da Figura 3 (a) se apresenta dispersa, indicando uma média correlação entre as variáveis.

No gráfico da Figura 3 (b), a distribuição dos pontos se apresenta muito dispersa, indicando uma fraca correlação entre as variáveis, segundo a classificação adotada por (DORIA FILHO, 1999). Adotou-se para as demais análises dos coeficientes de determinação e dispersão dos dados a mesma metodologia utilizada na Figura 3, ou seja, coeficiente de determinação conforme Vanni (1998) e índice de correlação segundo (DORIA FILHO, 1999).



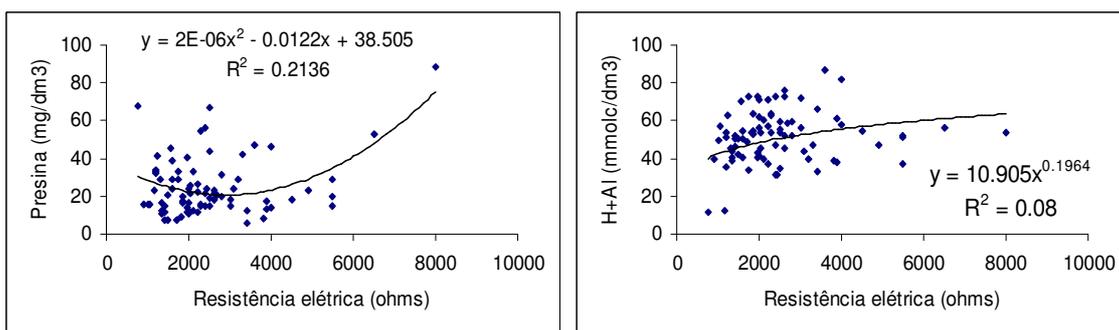
(a)

(b)

Figura 4 - Gráficos de regressão entre os valores de resistência elétrica com o pH e com matéria orgânica

Verifica-se na Figura 4 que os coeficientes de determinação dos gráficos não explicam com segurança as variações do índice de pH e a variação do teor de material orgânico em função da resistência elétrica e a distribuição dos pontos nos gráficos se apresentam dispersas, indicando uma média correlação entre as variáveis.

Analisando a Figura 4, nota-se que quanto maior o índice de material orgânico, menor o índice de resistência elétrica do solo, ou seja, maior a condutividade elétrica, se obtendo um resultado semelhante aos obtidos pelos autores Benites e Mendonça (1998) e Oliveira et al. (2002), que verificaram em seus trabalhos que a elevação do teor de carbono orgânico gerou aumento na condutividade elétrica do solo.

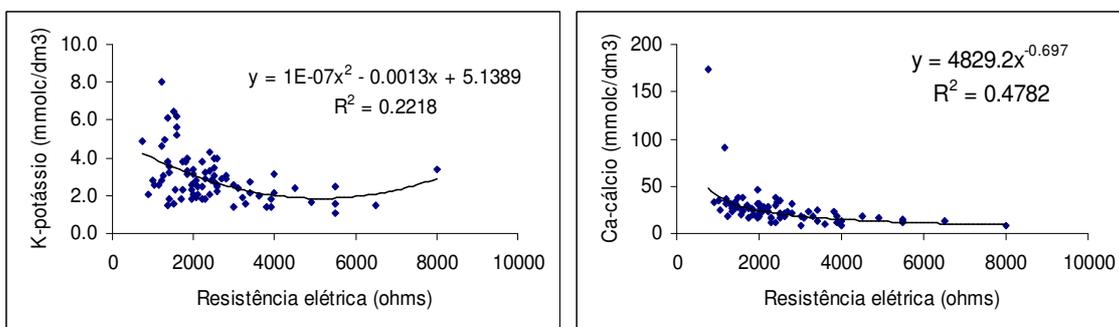


(a)

(b)

Figura 5 - Gráficos de regressão entre os valores de resistência elétrica com Presina e com H+AL

Pode-se observar na Figura 5 que os coeficientes de determinação de ambos os gráficos não explicam com segurança as variações da resistência elétrica em função do teor de Presina e H+Al e a distribuição dos pontos nos gráficos da Figura 5 se apresentam muito dispersas, indicando uma fraca correlação entre as variáveis.



(a)

(b)

Figura 6 - Gráficos de regressão entre os valores de resistência elétrica com potássio e com cálcio

Pode-se verificar na Figura 6 (a) que o coeficiente de determinação do gráfico não explica com segurança as variações do teor de potássio em função da resistência elétrica e a distribuição dos pontos no gráfico se apresenta muito dispersa, indicando uma fraca correlação entre as variáveis.

Na Figura 6 (b), o coeficiente de determinação do gráfico também não explica com segurança as variações do índice de cálcio e a distribuição dos pontos no gráfico se apresenta dispersa, indicando uma média correlação entre as variáveis.

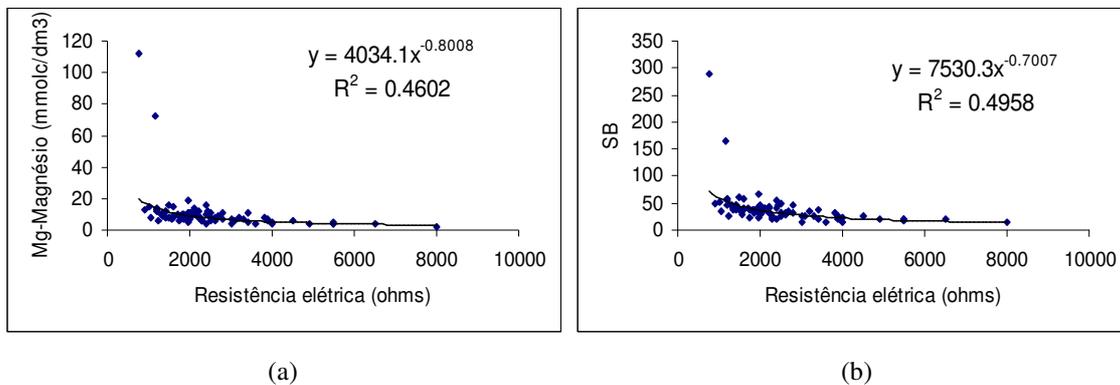


Figura 7 - Gráficos de regressão entre os valores de resistência elétrica com magnésio e soma de bases

Na Figura 7, os coeficientes de determinação dos gráficos não explicam com segurança as variações do índice de magnésio e a soma de bases e a distribuição dos pontos nos gráficos se apresentam dispersos, indicando uma média correlação entre as variáveis.

Verificou-se nos resultados apresentados nas Figuras 6 e 7, respectivamente, que quando se aumenta o valor dos teores de potássio, cálcio e magnésio o valor da resistência elétrica do solo se reduz. Resultados semelhantes foram verificados por Caminha Junior et al. (2000), onde baixos valores de resistividade elétrica foram justificados pelas altas concentrações de Ca, Mg e, principalmente, do potássio presente no solo.

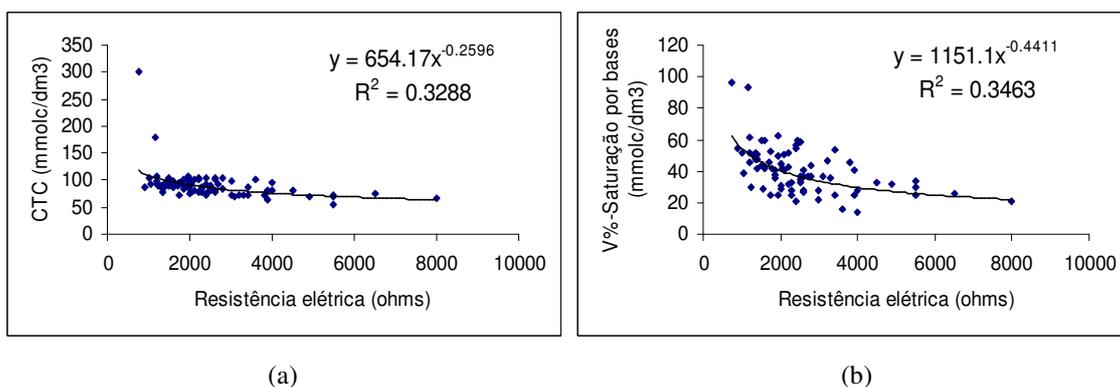


Figura 8 - Gráficos de regressão entre os valores de resistência elétrica com CTC e com V%

Na Figura 8 pode-se visualizar que os coeficientes de determinação dos gráficos não explicam com segurança as variações do índice de CTC e V% e a distribuição dos pontos nos gráficos se apresentam dispersos, indicando uma média correlação entre as variáveis. Utilizando os coeficientes de determinação gerados pelas análises de regressão, foram calculados os valores de correlação dos atributos do solo em relação as medidas de resistência elétrica do solo, conforme apresenta-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados dos coeficientes de correlação (r) entre os valores de resistência elétrica do solo e os respectivos atributos do solo

	Umidade	Ce	M.O	pH	Ca	Mg	SB	CTC	V%	K	H+Al	Pr
r	0,50	0,12	0,59	0,58	0,69	0,68	0,70	0,57	0,59	0,47	0,28	0,46

Pode-se notar na Tabela 1 e nos respectivos gráficos de regressão que os melhores resultados de índices de correlação foram obtidos entre a resistência elétrica com relação aos atributos do solo cálcio, magnésio e soma de bases, que apresentaram seus índices bem próximos a uma forte correlação, segundo classificação de (DORIA FILHO, 1999).

#### 4. CONCLUSÕES

O sistema desenvolvido apresentou um baixo custo e a metodologia utilizada para a coleta de dados foi satisfatória, porém evidenciou a necessidade de aprimorar a coleta de informação, buscando um aparelho que seja capaz de gravar as informações vindas do sensor, de modo que não seja necessária a planilha de anotações.

Para as condições em que esta pesquisa foi realizada, o sensor apresentou capacidade para medir as variações da resistência elétricas do solo, correlacionando-se satisfatoriamente com os teores de cálcio, magnésio e soma de bases. Como o teor de umidade do solo é um fator que se associa com a fertilidade do solo e como esta propriedade apresentou um índice baixo de correlação com a resistência elétrica, não é recomendado o uso do sensor para determinar o teor de umidade do solo.

Os resultados verificados no presente estudo são promissores, pois demonstram que o sensor utilizado com o multímetro analógico para medir resistência elétrica do solo pode ser uma ferramenta útil no delineamento das unidades de gerenciamento e manejo localizado para os seguintes atributos do solo: cálcio, magnésio e soma de bases. Novos estudos devem ser desenvolvidos para aprimorar os resultados encontrados na pesquisa.

#### REFERÊNCIAS

ADAMCHUK, V. I.; HUMMEL, J. W.; MORGAN, M. T.; UPADHYAYA, S. K. *On – the-go soil sensors for precision agriculture*. Computers and Electronics in Agriculture, v. 44, p. 71-91, 2004.

BENITES, V. M.; MENDONÇA, E. S. *Propriedades eletroquímicas de um solo eletropositivo influenciadas pela adição de diferentes fontes de matéria orgânica*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.22, p.215-221, 1998.

CAMINHA JUNIOR, I. C.; SERAPHIM, O. J.; GABRIEL, L. R. A. *Caracterização de uma área agrícola irrigada com efluente agroindustrial, através de análises químicas e da resistividade do solo*. Energia na Agricultura, Botucatu, v.13, n.4, p.40-54, 2000.

DORIA FILHO, U. *Introdução a bioestatística: para simples mortais*. São Paulo: Negócio, 1999, 152p.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos** (Rio de Janeiro, RJ). *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p.

FRANCESCHINI, M. H. D.; MOLIN, J. P.; SPEKKEN, M.; COLAÇO, A. F. *Relação*

*entre a condutividade elétrica, o conteúdo de água e a textura do solo.* In: 6°. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA. Anais... Embrapa Informática Agropecuária, São Pedro, SP, 2007.

**GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R.; MOLIN, J. P.; MIGUEL, F. R. M.; PAVLU, F. A.** *Variabilidade espacial da condutividade elétrica do solo e da produtividade da mamona (Ricinus communis L.) no sistema de plantio direto.* In: 2°. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO. Anais... São Pedro, SP, 2006.

**GUERRA, S. P. S.** *Desenvolvimento de um sistema informatizado de menor custo para aquisição e armazenamento de dados de sensores analógicos e receptor GPS.* 2006. 118 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

**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.

**LEZZI, P. B. T.** *Teste de aplicabilidade de sonda de eletrorresistividade na avaliação de salinização secundária de solos.* 2008. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

**OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; ABREU JUNIOR, C. H.** *Alterações em atributos químicos de um Latossolo pela aplicação de composto de lixo urbano.* Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, p.529-538, 2002.

**PINCELLI, A. L. S.** *Desenvolvimento e ensaios de um sistema de mensuração de condutividade elétrica do solo.* 2004. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

**PLACIDO, M. E. B.** *Sistemas robotizados de inspeção interna de dutos.* 2005. 130 f. Dissertação (Mestrado). COPPE, Universidade Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

**NASCIMENTO, C. T. C.; FERREIRA, F. J. F.; ANDRADE, L. R. M.; GASPAR, J. C.; PIRES, A. C. B.** *Radiação gama e resistividade elétrica em solo com aplicação de carvão ativado e fertilizantes agrícolas no Distrito Federal.* Revista Brasileira de Geofísica, São Paulo, v. 26, n. 1, 2008.

**RABELLO, L. M.; VAZ, C. M. P.; NETO, A. T.** *Sensor Capacitivo para Sondagem da Umidade no Perfil de Solo.* Comunicado Técnico, 71, Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos, SP, novembro. 2005.

**RAIJ, B. van.; ANDRADE, J.C.de.; CATARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.** *Análise química para avaliação de fertilidade de solos tropicais.* Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

**SOUZA, E. R.; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, T. E. M.; ANDRADE, T. S.; PEDROSA, E. R.** *Variabilidade espacial das frações granulométricas e da salinidade em um Neossolo Flúvico do semi-árido.* Ciência Rural, Santa Maria, v. 38, n. 3, 2008.

VANNI, S. M. *Modelos de regressão: estatística aplica*. São Paulo: Legmar Informática e Editora, 1998. 177p.