



EQUIPAMENTO DE MEDIDA DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO

L.M. Rabello¹, R.Y. Inamasu¹, A.C. Bernardi²

(1) Embrapa Instrumentação, Rua XV de Novembro, 1452, 13560-970, São Carlos, SP,
ladislau.rabello@embrapa.br, ricardo.inamasu@embrapa.br,

(2) Embrapa Pecuária Sudeste, Rodovia Washington Luiz, Km 234, 13560-970, São Carlos, SP,
alberto.bernardi@embrapa.br

Resumo: O A medida de condutividade elétrica aparente (CE_a) do solo vem sendo muito usada e se tornando uma importante ferramenta para a prévia avaliação da área a ser estudada, facilitando as definições das zonas de manejo. Alguns sistemas são empregados, porém de origem estrangeira. Assim, esse trabalho descreve um sistema para a medida e mapeamento da condutividade elétrica aparente do solo de maneira automática e manual.

Palavras-chave: agricultura de precisão; condutividade elétrica; sistema quatro pontos; mapeamento.

SOIL ELECTRICAL APPARENT CONDUCTIVITY SYSTEM

Abstract: The measurement of electrical apparent conductivity (EC_a) of the soil has been widely used and is becoming an important tool for a preliminary assessment of the area under evaluation towards definition-management zones. Some systems are used, however of foreign origin. Hence, this paper describes a prototype for measuring and mapping soil electrical apparent conductivity automatically and manually.

Keywords: precision agriculture; electrical conductivity; four points system; mapping.

1. Introdução

A agricultura sustentável é vista como a mais viável para atender a crescente demanda de produção de alimentos. Sua concepção baseia-se em um delicado balanço entre maximizar a produção, mantendo a estabilidade econômica e ao mesmo tempo minimizando a utilização dos recursos naturais finitos, com o intuito de diminuir os impactos ambientais nocivos originados pela utilização de agroquímicos poluentes.

Manter a produtividade agrícola em fase com o crescimento populacional é um grande desafio para a agricultura sustentável, por isso a agricultura de precisão é apontada como uma importante ferramenta.

Durante muito tempo, tanto plantações como solos, sempre foram gerenciados de forma homogênea, não havendo em conta as inerentes variações em toda a sua extensão, definidas como variabilidade espacial, sendo essas apontadas desde os anos 70 com os trabalhos de Nielson e colaboradores (NIELSON et. al., 1973).

A localização e o mapeamento das regiões e sítios, onde ocorre uma variação dentro da região de estudo, ficou muito facilitado com a introdução do *GPS* (sistema de posicionamento global), mas ainda necessita de outras ferramentas que possibilite fazer um estudo rápido e qualitativo dentro de grandes áreas.

A maior dificuldade está no número de amostras a serem coletadas para o estudo das propriedades do solo e plantas em uma área de grande dimensão, na qual procura-se entender o porquê da variabilidade local em relação a toda a área.

Uma solução encontrada baseou-se em uma técnica para a prospecção e estudos subterrâneos com a finalidade de encontrar água, minérios, entre outros, que fundamenta-se no estudo da variação da condutividade elétrica do solo, sendo uma forma não evasiva e acessível de estudar as camadas subterrâneas através da facilidade ou dificuldade que a amostra oferece a passagem de uma quantidade de corrente elétrica.

A Embrapa, com seus trabalhos em agricultura de precisão, utilizou largamente a metodologia de condutividade elétrica do solo, com a aquisição de sistemas importados, porém devido a sua arquitetura, dificultava o manuseio em áreas afins, de pesquisa nos campos experimentais da Embrapa, tal como, medidas pontuais em plantações de uva, onde o tipo e método de plantio dificultam muito a entrada do sistema importado.

Desta maneira, a Embrapa Instrumentação previu a construção de um sistema microcontrolado para a medida de condutividade elétrica do solo que atendesse as necessidades das pesquisas em agricultura de precisão, adaptado segundo as suas necessidades de medida, aquisição de dados e que pudesse ser usado em vários tipos de solos e plantações.



EQUIPAMENTO DE MEDIDA DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO

L.M. Rabello¹, R.Y. Inamasu¹, A.C. Bernardi²

- (1) Embrapa Instrumentação, Rua XV de Novembro, 1452, 13560-970, São Carlos, SP,
ladislau.rabello@embrapa.br, ricardo.inamasu@embrapa.br,
(2) Embrapa Pecuária Sudeste, Rodovia Washington Luiz, Km 234, 13560-970, São Carlos, SP,
alberto.bernardi@embrapa.br

Resumo: O A medida de condutividade elétrica aparente (CE_a) do solo vem sendo muito usada e se tornando uma importante ferramenta para a prévia avaliação da área a ser estudada, facilitando as definições das zonas de manejo. Alguns sistemas são empregados, porém de origem estrangeira. Assim, esse trabalho descreve um sistema para a medida e mapeamento da condutividade elétrica aparente do solo de maneira automática e manual.

Palavras-chave: agricultura de precisão; condutividade elétrica; sistema quatro pontos; mapeamento.

SOIL ELECTRICAL APPARENT CONDUCTIVITY SYSTEM

Abstract: The measurement of electrical apparent conductivity (EC_a) of the soil has been widely used and is becoming an important tool for a preliminary assessment of the area under evaluation towards definition-management zones. Some systems are used, however of foreign origin. Hence, this paper describes a prototype for measuring and mapping soil electrical apparent conductivity automatically and manually.

Keywords: precision agriculture; electrical conductivity; four points system; mapping.

1. Introdução

A agricultura sustentável é vista como a mais viável para atender a crescente demanda de produção de alimentos. Sua concepção baseia-se em um delicado balanço entre maximizar a produção, mantendo a estabilidade econômica e ao mesmo tempo minimizando a utilização dos recursos naturais finitos, com o intuito de diminuir os impactos ambientais nocivos originados pela utilização de agroquímicos poluentes.

Manter a produtividade agrícola em fase com o crescimento populacional é um grande desafio para a agricultura sustentável, por isso a agricultura de precisão é apontada como uma importante ferramenta.

Durante muito tempo, tanto plantações como solos, sempre foram gerenciados de forma homogênea, não havendo em conta as inerentes variações em toda a sua extensão, definidas como variabilidade espacial, sendo essas apontadas desde os anos 70 com os trabalhos de Nielson e colaboradores (NIELSON et. al., 1973).

A localização e o mapeamento das regiões e sítios, onde ocorre uma variação dentro da região de estudo, ficou muito facilitado com a introdução do *GPS* (sistema de posicionamento global), mas ainda necessita de outras ferramentas que possibilite fazer um estudo rápido e qualitativo dentro de grandes áreas.

A maior dificuldade está no número de amostras a serem coletadas para o estudo das propriedades do solo e plantas em uma área de grande dimensão, na qual procura-se entender o porquê da variabilidade local em relação a toda a área.

Uma solução encontrada baseou-se em uma técnica para a prospecção e estudos subterrâneos com a finalidade de encontrar água, minérios, entre outros, que fundamenta-se no estudo da variação da condutividade elétrica do solo, sendo uma forma não evasiva e acessível de estudar as camadas subterrâneas através da facilidade ou dificuldade que a amostra oferece a passagem de uma quantidade de corrente elétrica.

A Embrapa, com seus trabalhos em agricultura de precisão, utilizou largamente a metodologia de condutividade elétrica do solo, com a aquisição de sistemas importados, porém devido a sua arquitetura, dificultava o manuseio em áreas afins, de pesquisa nos campos experimentais da Embrapa, tal como, medidas pontuais em plantações de uva, onde o tipo e método de plantio dificultam muito a entrada do sistema importado.

Desta maneira, a Embrapa Instrumentação previu a construção de um sistema microcontrolado para a medida de condutividade elétrica do solo que atendesse as necessidades das pesquisas em agricultura de precisão, adaptado segundo as suas necessidades de medida, aquisição de dados e que pudesse ser usado em vários tipos de solos e plantações.

2. Materiais e Métodos

A medida da condutividade elétrica é feita usando-se uma amostra de forma geométrica definida, em geral, retangular ou cilíndrica de dimensões conhecidas (RUNYAN, 1975).

Tomando-se como base uma amostra de forma retangular, como ilustrado na figura 1.

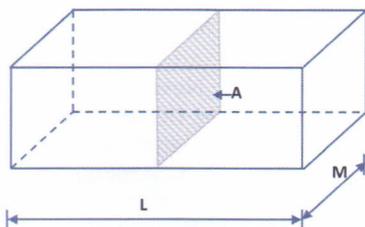


Figura 1. Exemplo de amostra retangular, com comprimento L, Largura M e área transversal A.

A resistividade elétrica para a amostra da figura 1 é calculada segundo a seguinte equação:

$$R = \rho \frac{L}{A} \tag{1}$$

onde: R = resistência elétrica em ohms [Ω];
 ρ = resistividade elétrica do material em ohms.centímetros [$\Omega.cm$];
 L = comprimento da amostra em centímetros [cm];
 A = área de seção transversal da amostra em centímetros quadrados [cm^2];
 O valor da resistência elétrica (R) é calculado pela lei de Ohm, ou seja:

$$V = R \cdot I \tag{2}$$

Para a medida de resistividade elétrica em amostras não uniformes e de dimensões não definidas é usado o metodologia de quatro pontos (SMITS, 1958), que consiste na utilização de quatro hastes de metal alinhadas geometricamente em linha, conforme ilustrado na figura 2.

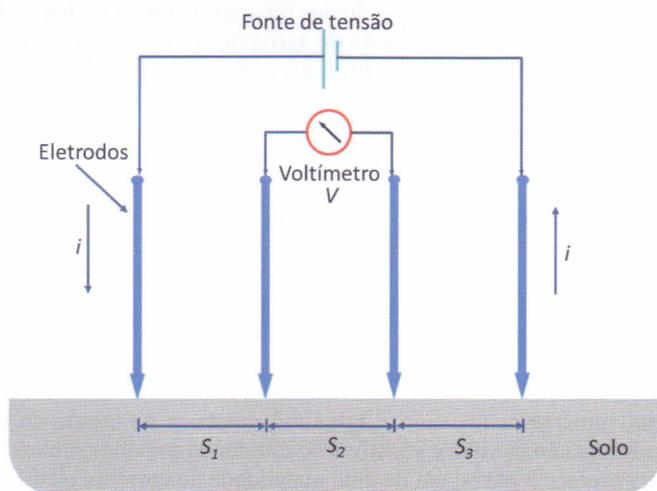


Figura 2. Esquema da metodologia de quatro pontos

Uma corrente elétrica é aplicada entre as hastes mais externas e uma diferença de potencial é medida entre os dois eletrodos internos, através de um voltímetro.

Conhecido o valor da corrente e o valor de tensão a resistividade elétrica é então calculada por meio da seguinte equação:

$$\rho = \frac{2\pi \left(\frac{V}{I}\right)}{\left[\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2} - \frac{1}{(s_1 + s_2)} - \frac{1}{(s_2 + s_3)}\right]} \tag{3}$$

onde:
 ρ = resistividade elétrica em ohms.centímetros, [$\Omega.cm$];
 V = diferença de potencial em volts, [V];

I = corrente elétrica em Ampères, [A];

S_1 = distância entre eletrodos em centímetros, [cm].

A distância S_2 entre os eletrodos internos está correlacionada com a profundidade da região em que se deseja medir a resistividade elétrica.

Uma vez conhecida a resistividade elétrica, pode-se agora calcular a condutividade elétrica, que é definida como o inverso da resistividade elétrica, calculada pela equação abaixo :

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (4)$$

O sistema de medida da condutividade elétrica aparente do solo. Utiliza como processador central um microprocessador de fabricação da Microchip Technology (<http://www.microchip.com>) decodificado como PIC18F258. O diagrama de bloco do sistema é ilustrado na figura 3.

O sistema é composto por uma fonte de corrente alternada para a injeção da corrente nos dois eletrodos externos e dois voltímetros de leitura de tensão para os dois eletrodos internos. São usados dois voltímetros, sendo que um tem ganho unitário e o segundo com um ganho de 3X para o valor da tensão lida. Possui três filtros sintonizados na frequência da fonte de corrente para eliminação de ruídos de sinal; armazenamento de dados em memória ram com capacidade de 64 kbytes; mostrador de cristal lcd 16x2 de 32 caracteres, teclado de 4 posições e porta serial RS232 para comunicação externa e entrada de sinal de GPS. Na figura 4 é ilustrada uma foto do sistema montado.

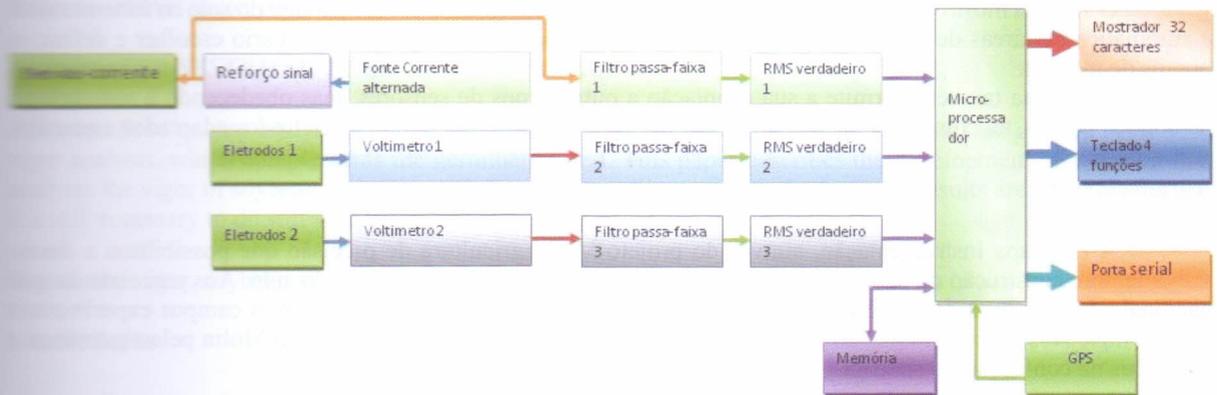


Figura 3. Diagrama de bloco do sistema desenvolvido para medida de condutividade elétrica aparente do solo.



Figura 4. Sistema de medida de condutividade elétrica aparente do solo.

3. Resultados e Discussão

Os sistema foi testado em várias áreas experimentais da Embrapa

A figura 5 ilustra uma tomada de medidas utilizando o sistema desenvolvido em uma área de plantação de videiras no estudo e definição de áreas homogêneas para essa cultura.

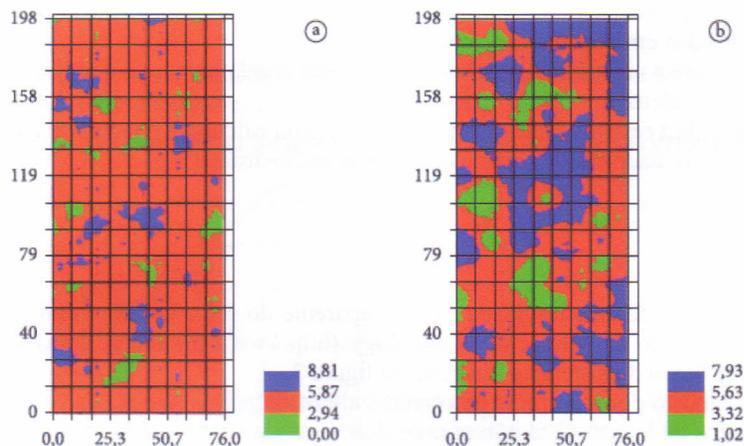


Figura 5. Mapas de zonas homogêneas de condutividade elétrica aparente do solo, cultura de videira, na região do Semiárido, Brasil.

4. Conclusões

O sistema mostrou-se adequado para medidas de condutividade elétrica aparente do solo na forma manual e automática em áreas de difícil acesso e também de modo pontual permitindo ao usuário escolher e definir os pontos de medida.

O sistema também permite a sua adaptação a outros tipos de sensores, mas obedecendo a metodologia de quatros pontos, tal como adaptação a implementos agrícolas que simulariam os eletrodos adaptados a esse fim.

Agradecimentos

A Embrapa Instrumentação, através do projeto MP1 agricultura de precisão que possibilitou o desenvolvimento e construção do sistema de medida de condutividade elétrica aparente do solo. Aos parceiros da rede nacional de agricultura de precisão que testaram e validaram o sistema nos mais diversos campos experimentais da Embrapa. Aos coordenadores do MP1-Agricultura de Precisão, e ao Prof. José Paulo Molin pelos incentivos e sugestões na confecção do sistema.

Referências

- NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W.; ERH, K.T. Spatial variability of field-measurement soil-water properties. *Hilgardia*, Berkeley, v. 42, n. 7, p. 215-259, 1973;
- RUNYAN, W.R. *Semiconductor measurement and instrumentation*. New York: McGraw-Hill book, c1975, Cap. 3.
- SMITS, F.M., Measurement of sheet resistivities with the four-point probe, *Bell System Technical Journal*, New York, p. 711-718, May 1958.