

## VI-081 – ESTOQUE DE CARBONO DE UM ARGISSOLO SOB CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO MUNICÍPIO DE OLÍMPIA-SP

**Carolina Cattani Najm<sup>(1)</sup>**

Graduanda de Engenharia Ambiental pela Estácio-UNISEB

**Sandro Roberto Brancalião**

Agrônomo pela Universidade Estadual Paulista – Jaboticabal. Mestre e Doutor em Agronomia (Agricultura) - Unesp-Botucatu. Pós Doutorado em 2009 pelo CNPQ/Embrapa Instrumentação (Técnicas espectroscópicas). Pesquisador do IAC – Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Cana, Engº. Agrº. Dr., Ciências dos Solos.

**Analú Egydio dos Santos**

Bióloga pela Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP/USP). Mestre em Biologia Comparada pela FFCLRP/USP. Doutora em Biologia Comparada- na área de Ecologia de ecossistemas aquáticos pela FFCLRP/USP. Docente no curso de Engenharia Ambiental na Estácio-Uniseb/ Ribeirão Preto-SP

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Luiza Helena de Barros, 507 – Vila Harmonia - Araraquara - SP - CEP: 14802-540 - Tel: (16) 99992-5076 - e-mail: [carolinacattaninajm@uol.com.br](mailto:carolinacattaninajm@uol.com.br)

### RESUMO

Esse trabalho teve por objetivo avaliar o estoque de carbono em função de Zonas de Manejo (ZM) sob um Argissolo Vermelho amarelo cultivado com a cultura da cana-de-açúcar. O experimento foi conduzido na Usina Guarani em Olímpia, SP, e foram avaliadas quatro zonas de manejo em função da condutividade elétrica aparente. A condutividade elétrica aparente foi medida através do aparelho Veris, que é um implemento que foi acoplado a um trator e trafegado por todo talhão. A quantidade de carbono foi determinado baseado nos trabalhos de Ellert e Bettany (1995). As amostras foram analisadas e apresentaram resultados diferentes entre os talhões em função da diferença de manejo e características do solo, reforçando a importância de análises detalhadas dentro da mesma área. Há diferenças em relação aos atributos químicos principalmente o fósforo, devido ao manejo submetido. É necessário aperfeiçoamento da tecnologia do Veris e maiores estudos sobre a relação dos atributos físicos, químicos e condutividade elétrica aparente, entretanto através da ferramenta Arctollbox possibilitou-se a definição dos sítios específicos de manejo, além da biometria correlacionando com a amplitude de cada atributo químico e físico do solo. Os resultados de carbono orgânico estiveram relacionados com o tipo de manejo apresentando valores até três vezes superior entre as ZM. Neste sentido, as ZM respondem diferentemente de acordo com a condutividade elétrica e a incorporação ou não de fertilizantes e subprodutos. Não houve diferença em relação a biometria principalmente em ZM onde observou-se ferrugem nesta variedade. Houve incremento de fósforo em ZM até 20 cm, entretanto a densidade do solo foi a que mostrou dentre os atributos físicos avaliados uma maior compactação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Densidade do Solo, Carbono, Matéria Orgânica, *Saccharium spp*, Condutividade Elétrica Aparente

### INTRODUÇÃO

O expressivo crescimento da produção de cana-de-açúcar, no Brasil, nas últimas décadas, tem determinado importantes mudanças no que se refere ao aspecto agroambiental. O cultivo do solo acarreta alterações nos atributos físicos, dependendo da intensidade de preparo do solo e/ou manejo adotado. As principais alterações são evidenciadas pela diminuição do volume de macroporos, tamanho de agregados, taxa de infiltração de água no solo e aumento da resistência à penetração de raízes e densidade do solo (KLEIN; BOLLER, 1995). As propriedades físicas do solo desempenham importante papel, senão o principal dentre as propriedades do solo (WARRICK; NIELSEN, 1980). Com isso, o aumento da densidade do solo são uma das principais alterações que trás como consequência a redução da aeração, modificações na disponibilidade de fluxo de água e gases, modificando também a resistência do solo à penetração radicular (MEEK et al., 1992).

O carbono melhora a estrutura física do solo pela melhor agregação, maior porosidade, melhor infiltração e armazenamento de água. Nestas condições, as plantas têm a possibilidade de produzir sistemas radiculares abundantes, com raízes profundas, o que lhes confere a vantagem de buscar nutrientes e água, através das camadas mais profundas do solo.

As plantas, através da fotossíntese, capturam gás carbônico (CO<sub>2</sub>) da atmosfera e acumulam grandes quantidades no solo. Isto, associado ao plantio direto, integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e rotação de culturas, contribui para armazenar o carbono no solo. Em contrapartida, desmatamento, queima de combustíveis fósseis, aração e gradagem contínuas proporcionam a emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, além do revolvimento do solo que eleva muito sua oxigenação, aumentando, também, a atividade microbiana, com consequentes perdas de carbono para a atmosfera. (BRACALIAO, NAJM, 2014)

O sistema convencional de plantio acumula duas vezes menos carbono do que o plantio direto. Na cana-de-açúcar, a colheita mecanizada acumula carbono no solo porque ela deixa a palha cobrindo a camada superficial do solo, podendo acumular até três toneladas de carbono num período de três anos. Isto é importante para reduzir a emissão de gases de efeito estufa (FERNANDES; FERNANDES, 2009). Entretanto, a queima das folhas de cana proporcionam perdas de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.

Contudo, as técnicas de plantio direto e cultivo mínimo, quando possíveis e indicadas, aumentam a contribuição da cultura da cana-de-açúcar na questão ambiental, por reduzirem perdas de carbono para a atmosfera, fazendo com que o carbono que foi "mitigado" da atmosfera pela cana, durante a fotossíntese, fique estocado no compartimento do solo. Tais técnicas contribuem, também, para aumentar esse estoque, a não queimada da cana antes da colheita e a manutenção da fitomassa em cobertura no campo. Além do que existem relatos de que só o fato de se deixar palha na superfície, contribuirá para esta mitigação, cabendo ressaltar que o que deve ser contabilizado na verdade é o balanço, ou seja, a diferença entre o que foi emitido e o que foi drenado (BRACALIAO, NAJM, 2014).

Para acumular carbono no solo a aração e gradagem não podem ser utilizados, por provocarem perdas de carbono no solo. A preferência deve ser para o plantio de culturas que possuam abundante sistema radicular e raízes compridas, profundas, e uma produção grande de massa verde, garantindo um maior depósito de resíduos (palha) no solo, o plantio direto traz um maior acúmulo de carbono.

A matéria orgânica do solo contém uma relação C/N de 10/1 a 13/1. A perda de uma unidade de N provoca a perda de 10 a 13 unidades de carbono, assim as leguminosas são melhores na adubação verde porque acumulam mais nitrogênio.

Inferências em relação mudança na CTC do solo e teores de matéria orgânica também são influenciados pela adição de torta. No solo, existem diversas inter-relações entre os atributos físicos, químicos e biológicos que controlam os processos e os aspectos relacionados à sua variabilidade. Qualquer alteração no solo altera diretamente sua atividade biológica e sua estrutura, assim, refletindo na fertilidade e nos agroecossistemas, podendo inclusive promover prejuízos à qualidade do solo e à produtividade das culturas (COSTA, et al., 2006). Todavia, os mapas de colheitas exclusivamente, não são suficientes para fornecer informações para distinguir entre as diversas fontes de variabilidade e não dão orientações claras sobre a influência da variabilidade de propriedades físico-químicas do solo (RABELLO, 2009), assim a condutividade elétrica aparente atrai maior atenção, por ser um método que permite a diminuição dos custos e é mais rápido para indicar a produtividade de um determinado solo.

No presente trabalho as ZM foram compostas através do uso do sistema VERIS, baseadas na condutividade elétrica aparente, tal atributo esta sendo correlacionado com as bases trocáveis e com o fosforo. Como não foi determinado textura do solo neste trabalho, sugere se que com o aumento da condutividade elétrica o teor de argila também tem aumenta com a sua variabilidade no espaço e, por conseguinte buscou-se correlacionar com as bases trocáveis, devido a boa retenção de cátions nesse tipo de solo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido na Usina Guarani, Unidade Cruz Alta localizada no município de Olímpia – SP (Figura 1), em Janeiro de 2014, sobre área de Argissolo Vermelho Amarelo (PV1), cultivado com cana-de-açúcar, variedade RBSP81-3250, na fase de cana planta, após renovação. A área foi submetida a uma dose excessiva de torta de filtro, cerca de 50 tha -1. O bloco escolhido para conduzir o trabalho foi o 3112 (Figura 2), para a realização das coletas, ficou configurado o sítio específico adotado para caracterização do solo no dia 18 de março de 2014, foram definidas quatro ZM através da Condutividade Elétrica Aparente, perfazendo uma área total de 17,3 hectares.



Figura 1: Localização do município de Olímpia no estado de São Paulo e indicação da área de estudo - ZM.

### bloco 3112 - VSEC

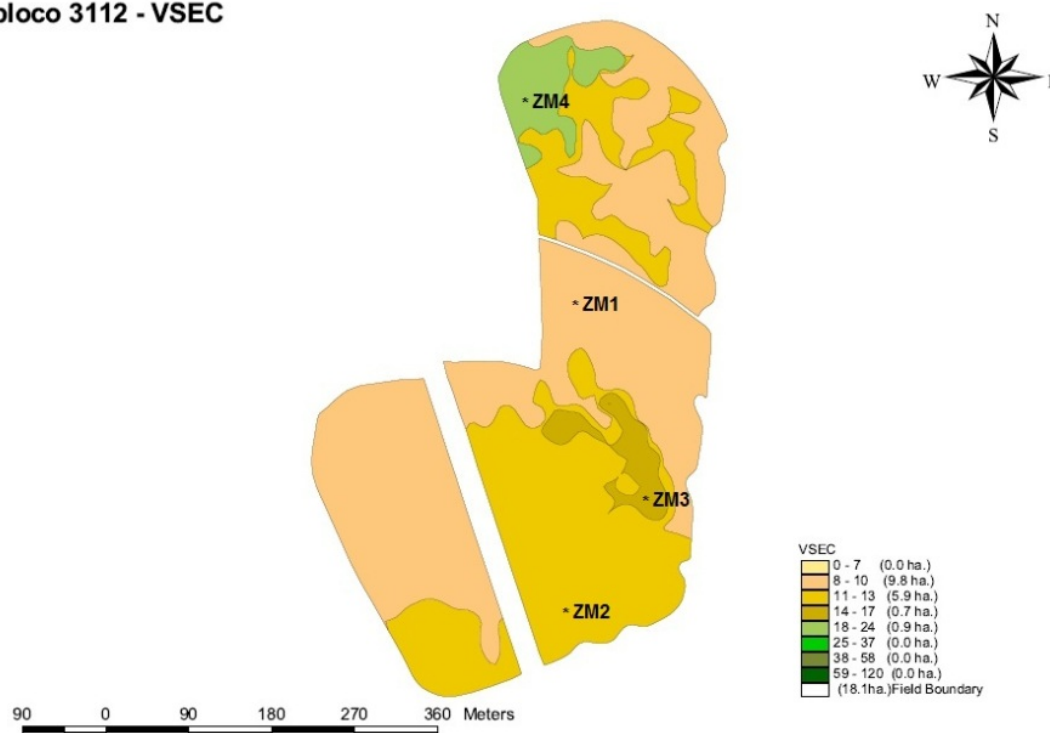
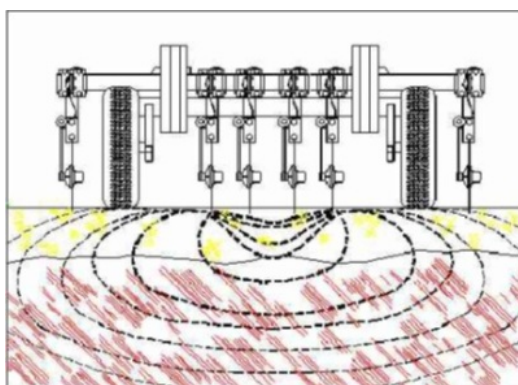


Figura 2: Zonas de manejo atribuídas pela condutividade elétrica aparente.

O aparelho utilizado para fazer a leitura da condutividade elétrica (CE) do solo, o Veris, cedido pela empresa Stara da cidade de Não Me Toque – RS. O mecanismo proporciona a correlação com produto de fatores tanto estáticos como dinâmicos que incluem a salinidade do solo, a mineralogia e argila, umidade, resistividade e temperatura. Para a confecção das ZM, o Veris mediu a condutividade elétrica através do método interpolador da Krigagem (VIEIRA et al., 1997) em uma área comercial que estava na fase de renovação.

Cada medida é registrada de acordo com sua posição georeferenciada, através de um sistema de GPS (CARTER; RHOADES; CHESSON, 1993). As coordenadas escolhidas foram a ZM1: -20.69286, -4910373; ZM2: -20.69576, -4910385; ZM4: -2069090, -49.10437; ZM4: -20.69475, -4910321. No sistema comercial VERIS 3000 utiliza-se como eletrodos de medida seis discos de 25 cm de diâmetro, sendo os quatro discos internos para medida de condutividade elétrica a 30 cm de profundidade e os dois externos para 90 cm de profundidade (Figura 2).



**Figura 3: Desenho da disposição dos discos no sistema VERIS.**

Os pontos escolhidos através das ZM foram nas coordenadas ZM1: -20.69286, -4910373; ZM2: -20.69576, -4910385; ZM4: -2069090, -49.10437; ZM4: -20.69475, -4910321. As trincheiras foram divididas em quatro camadas de solo, sendo: 0-5cm; 5-10cm; 10-20cm e 20-30 cm; para cada camada, um anel volumétrico de Kopeck foi utilizado. A leitura do mapa foi realizada até a profundidade de 30 cm e a estratificação das profundidades em camadas sendo de 0-5cm; 5-10cm, 10-20cm e 20-30cm. A partir dos pontos foram feitas análises físicas de amostras indeformadas do solo com anel volumétrico, para medir densidade e teor de carbono total na profundidade amostrada, através da amostragem na área que consistiu na abertura de quatro trincheiras nos pontos escolhidos dentro do bloco. Esses dados foram medidos pelo método convencional de anel volumétrico no Laboratório de Física dos Solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Unesp de Jaboticabal, Departamento de Solos e Adubos.

A análise química foi realizada por ZM, ao redor da trincheira, no modelo célula, onde conseguimos medir a matéria orgânica e o fósforo devido as altas doses de torta de filtro. Os cálculos para o estoque de carbono foram baseados nos trabalhos de Ellert e Bettany (1995). Foi realizada análise de variância no SISVAR inteiramente casualizada e teste de student (LSD) a 5% de probabilidade. Os cálculos realizados para o estoque de carbono foram extraídos de Sisti et al., 2004.

## RESULTADOS

Na superfície houve diferença em relação a Zona de Manejo 1 para a camada de 0-5 cm, e também na média em todo perfil. Além do que em acamada e 20-30 cm fica evidenciado um a cicatriz de Preparo, com aumento desta densidade do solo. Já para Zona de manejo 2, ao contrário, com um valor de 1,2, este solo mostrou melhor qualidade física corroborando com os valores da matéria orgânica do solo e de carbono orgânico. Estes resultados estão de acordo coma a evolução do manejo do solo, onde maiores teores de carbono auxiliam na parte física do solo (REEVES, 1997).



**Tabela 1: Variabilidade da densidade (DS) do solo em diferentes sítios específicos em Argissolo Vermelho, em Olímpia-SP.**

	DS (Kg.dm <sup>-3</sup> ) em diferentes profundidades (cm)				Média ZM
	0-5	5-10	10-20	20-30	
ZM1	1,70 <sup>a</sup>	1,70 <sup>b</sup>	1,80 <sup>a</sup>	1,90 <sup>a</sup>	1,78 <sup>a</sup>
ZM2	1,60 <sup>b</sup>	1,60 <sup>c</sup>	1,50 <sup>c</sup>	1,20 <sup>c</sup>	1,48 <sup>c</sup>
ZM3	1,60 <sup>b</sup>	1,80 <sup>a</sup>	1,70 <sup>b</sup>	1,80 <sup>b</sup>	1,73 <sup>b</sup>
ZM4	1,60 <sup>b</sup>	1,70 <sup>b</sup>	1,80 <sup>a</sup>	1,80 <sup>b</sup>	1,73 <sup>b</sup>
Média	1,63 <sup>C</sup>	1,70 <sup>a</sup>	1,70 <sup>a</sup>	1,68 <sup>b</sup>	
Camadas					

Não houve grandes diferenças entre as camadas, a densidade do solo na superfície foi maior, promovendo uma melhoria nos atributos físicos do solo.

**Tabela 2: Variabilidade do Carbono total (CO) do solo em diferentes sítios específicos em Argissolo Vermelho, em Olímpia-SP.**

	CO (g.kg <sup>-1</sup> ) em diferentes profundidades (cm)				Média ZM
	0-5	5-10	10-20	20-30	
ZM1	13,34 <sup>a</sup>	24,36 <sup>a</sup>	20,30 <sup>a</sup>	7,54 <sup>b</sup>	11,17 <sup>c</sup>
ZM2	10,44 <sup>c</sup>	23,78 <sup>b</sup>	16,82 <sup>b</sup>	8,12 <sup>a</sup>	19,87 <sup>a</sup>
ZM3	11,60 <sup>b</sup>	19,14 <sup>c</sup>	16,24 <sup>c</sup>	7,54 <sup>b</sup>	15,81 <sup>b</sup>
ZM4	9,28 <sup>d</sup>	12,18 <sup>d</sup>	9,86 <sup>d</sup>	6,38 <sup>c</sup>	7,40 <sup>d</sup>
Média	16,39 <sup>a</sup>	14,79 <sup>b</sup>	13,63 <sup>c</sup>	9,43 <sup>d</sup>	
Camadas					

O valor de Carbono total (COT) que é calculado com base em Raij et al, 2001, pois grande parte do carbono, da matéria orgânica (MOS) esta na forma orgânica, que é um indicador de qualidade do solo juntamente com a MOS, as médias de ZM do COT, como era de se esperar concordam com os valores de MOS, o que permite inferir e visualizar alterações no manejo. O carbono orgânico, deriva do coeficiente de Bremelen, que é para solos tropicais, 1,7424.

**Tabela 3: Variabilidade da Matéria Orgânica (MOS) do solo em diferentes sítios específicos em Argissolo Vermelho, em Olímpia-SP.**

	MOS (g.dm <sup>-3</sup> ) em diferentes profundidades (cm)				Média ZM
	0-5	5-10	10-20	20-30	
ZM1	23 <sup>c</sup>	18 <sup>c</sup>	20 <sup>c</sup>	16 <sup>c</sup>	19,25 <sup>c</sup>
ZM2	42 <sup>a</sup>	41 <sup>a</sup>	33 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	34,25 <sup>a</sup>
ZM3	35 <sup>b</sup>	29 <sup>b</sup>	28 <sup>b</sup>	17 <sup>b</sup>	27,25 <sup>b</sup>
ZM4	13 <sup>d</sup>	14 <sup>d</sup>	13 <sup>d</sup>	11 <sup>d</sup>	12,75 <sup>d</sup>
Média	28,28 <sup>a</sup>	25,50 <sup>b</sup>	23,50 <sup>c</sup>	16,25 <sup>d</sup>	
Camadas					

Os valores de MOS da ZM2 foram maiores, comparado aos valores menores que foram da ZM4, a ZM2 teve valores 3x maiores. A MOS aumentou a porosidade total e diminuiu a densidade, contribuindo para incrementar a qualidade física do solo.

**Tabela 4: Variabilidade da Estoque de Carbono (ECT) do solo em diferentes sítios específicos em Argissolo Vermelho, em Olímpia-SP.**

	ECT (mg.ha <sup>-1</sup> ) em diferentes profundidades (cm)				Média ZM
	0-5	5-10	10-20	20-30	
ZM1	11,83 <sup>c</sup>	10,01 <sup>c</sup>	21,60 <sup>c</sup>	17,16 <sup>c</sup>	15,15 <sup>c</sup>
ZM2	22,49 <sup>a</sup>	22,02 <sup>a</sup>	34,99 <sup>a</sup>	22,88 <sup>a</sup>	25,60 <sup>a</sup>
ZM3	19,29 <sup>b</sup>	14,97 <sup>b</sup>	30,61 <sup>b</sup>	18,60 <sup>b</sup>	20,87 <sup>b</sup>
ZM4	6,84 <sup>d</sup>	7,87 <sup>d</sup>	14,71 <sup>c</sup>	11,32 <sup>d</sup>	10,19 <sup>d</sup>
Média	15,11 <sup>C</sup>	13,72 <sup>D</sup>	25,48 <sup>a</sup>	17,49 <sup>B</sup>	
Camadas					

Para o estoque de carbono (ECT) que é calculado em função da camada, amostrada da densidade e do carbono da amostra, permite inferir a que profundidade de acordo, com os valores de densidade do solo, o carbono está evoluindo. O ideal é fazer uma padronização de acordo com o trabalho de Sisti et al., 2004, onde este estoque é calibrado e fica mais representativo para as condições de solos tropicais tendo um padrão como referência.

A evolução do estoque de carbono é bem interessante, pois a Zona de manejo 2 (ZM2), na superfície se assemelha a solos de Mata, tendo um grande aporte de torta de filtro, assemelhando-se como comparativo, o que a mata faz com a serapilheira da floresta ao longo de décadas. Entretanto a forma em que este carbono está associado às frações do solo, é diferente, pois provavelmente a razão C:N da mata, não é a mesma da torta de filtro, podendo estar mais ou menos recalcitrante, dependendo de regime de chuva e da maneira como o substrato é utilizado se comparado a Mata que fica intocada apenas, aportando resíduos que são ciclados de forma variável com as espécies vegetais e a interação com a textura do solo e outros ambientes edafoclimáticos.

## CONCLUSÕES

A contribuição da análise da condutividade do solo para a determinação de parâmetros como a quantidade de matéria orgânica e consequentemente a qualidade do solo é muito positiva em estudos relacionados à estoque de carbono em culturas agrícolas. Estes parâmetros podem elucidar as práticas agrícolas e orientar no sentido de adoção das práticas de manejo que possam garantir a melhor qualidade do solo, e também fornecer dados sobre a quantidade de carbono liberado na atmosfera. Para melhorar estudos em relação a solos de fração mais grosseira, é necessário verificar em qual fração de solo o carbono está retido e se este comportamento está mais lábil ou intimamente ligado aos minerais do solo. Assim, neste trabalho, a partir da avaliação da variabilidade do solo constatou-se que a zona de Manejo 2 apresentou melhor qualidade física do solo. Ademais, o ECT mostrou-se um bom indicador para quantificar e orientar áreas de manejo em que a cultura da cana é cultivada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRANCALIAO, S.R.; NAJM, C.C. Manejo Agroambiental. Revista Cultivar, Ano XV, p. 28-29, Março 2014
2. CARTER, L.M.; RHOADES, J.D.; CHESSON, J.H. Mechanization of soil salinity assessment for mapping. St. Joseph: ASAE, 1993. ASAE Winter Meetings, 12-17 December 1993, Chicago, IL., MI, USA. (ASAE Paper No. 931557).
3. COSTA, F.S.; GOMES, J.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Métodos para avaliação de gases do efeito estufa no sistema solo-atmosfera. Ciência Rural, v.36, n2, p.693-700, 2006.
4. ELLERT, B. H.; BETTANY, J.R., Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes, Canadian Journal of Soil Science, v.75, p. 529-538, 1995.
5. FERNANDES, F.A.; FERNANDES, M.A.H.B.M. Cálculo do estoque de carbono do solo sob diferentes condições de manejo. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009. 4 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico 69). Disponível em: [http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/download.php?arq\\_pdf=COT69](http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/download.php?arq_pdf=COT69). Acesso 20 março 2015
6. MEEK, B. D. et al. Bulk density of a Sand Loam: traffic, tillage and irrigation – method effects. Soil Science Society America Journal, Madison, v.56, n.2, p.562-565, 1992.
7. KLEIN, V. A; BOLLER, W. Avaliação de diferentes métodos de manejos do solo e métodos de semeadura em área sob sistema de plantio direto. Ci. Rural, v.25, p. 395-398, 1995
8. RABELLO, L.M. Condutividade elétrica do solo, tópicos e equipamentos, Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos, SP, 2009. Disponível em: [www.cnpdia.embrapa.br](http://www.cnpdia.embrapa.br). Acesso em 30 janeiro de 2015.
9. RAIJ, B. V. et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.
10. REEVES, D.W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. Soil and Tillage Research, v. 43, p. 131-167, 1997.
11. SISTI, C. P. J.; DOS SANTOS, H. E; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; VIEIRA, S.R.; TILLOTSON, P.M.; BIGGAR, J.W. & NIELSEN, D.R. The scaling of semivariograms and the kriging estimation. R. Bras. Ci. Solo, n.21, p.525-533, 1997.
12. VIEIRA, S. R. et al. The scaling of semivariograms and the kriging estimation. R. Bras. Ci. Solo, n.21, p.525-533, 1997.

13. WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel, D. (ed.). Applications of soil physics. New York: Academic Press, 1980.