



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbccs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Brasil

Passarin, Amarildo Luiz; Rodrigueiro, Edinei Luis; Pazzotti Robaina, Carla Renata; Conti Medina,
Cristiane de

CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADOS EM UM LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRRICO
TÍPICO SUBMETIDO A DIFERENTES DOSES DE VINHAÇA

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 31, núm. 6, 2007, pp. 1255-1260

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214061004>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADOS EM UM LATOSO VERMELHO DISTROFÉRRICO TÍPICO SUBMETIDO DIFERENTES DOSES DE VINHAÇA⁽¹⁾

Amarildo Luiz Passarin⁽²⁾, Edinei Luis Rodrigueiro⁽³⁾, Carla Renata Pazzotti Robaina⁽⁴⁾ & Cristiane de Conti Medina⁽⁵⁾

RESUMO

A distribuição de classes de tamanho, a quantidade e a estabilidade dos agregados constituem importantes critérios para avaliação da estrutura, a qual desempenha papel relevante nas relações entre o solo e as plantas. A vinhaça, quando aplicada ao solo, provoca aumento na atividade microbiana em consequência da adição da matéria orgânica nela contida. Essa atividade é acompanhada pelo aumento na produção de mucilagem, que pode favorecer a agregação e promover aumento na estabilidade estrutural do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade de agregados em um Latossolo Vermelho distroférrego típico textura muito argilososa tratado com diferentes doses de vinhaça. O experimento foi conduzido na Fazenda-Escola da Universidade Estadual de Londrina no período de agosto de 1997 a agosto de 1999, num delineamento de blocos ao acaso com cinco tratamentos (doses de vinhaça) e quatro repetições. Amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm. As avaliações do presente trabalho são referentes à quinta colheita (quarta soca), realizada em agosto de 1999. As doses de vinhaça foram de 0, 150, 300, 450 e 600 m³ ha⁻¹, e os índices de agregação determinados foram diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregados (IEA). Os resultados mostraram que as diferentes doses de vinhaça não promoveram mudanças significativas nos índices de agregação nas profundidades estudadas.

Termos de indexação: física do solo, índices de agregação, matéria orgânica.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Doutorado do terceiro autor apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Paulista – UNESP. Recebido para publicação em fevereiro de 2005 e aprovado em julho de 2007.

⁽²⁾ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina – UEL. Caixa 1 CEP86051-990 Londrina (PR). E-mail: amarildoluizn@yahoo.com.br

SUMMARY: EVALUATION OF AGGREGATE STABILITY IN AN OXISOL TREATED WITH DIFFERENT VINASSE DOSES

The size distribution, the quantity and stability of soil aggregates are important parameters to evaluate the soil structure, which plays a relevant role in soil-plant relationships. Vinasse when applied on soil stimulates microbial activity because of its organic matter content. This activity may increase mucilage production and improve the aggregation and soil structural stability. The objective of this study was to evaluate the aggregate stability in an Oxisol treated with different vinasse doses. The study was carried out at the Londrina State University Experimental Farm from August 1997 to August 1999, in randomized blocks, with five treatments (vinasse doses) and four replications. The soil samples were collected in four soil layers (0–10, 10–20, 20–30 and 30–40 cm). The evaluations of this study were carried out at the fifth harvest (fourth ratoon), in August 1999. Vinasse was applied at 0, 150, 300, 450 and 600 m³ ha⁻¹ and the following aggregation indices were determined: Ponderate Middle Diameter (PMD), Geometrical Middle Diameter (GMD) and Aggregate Stability Index (ASI). The results showed that different vinasse doses did not significantly alter the aggregation indices of the different depths studied.

Index terms: soil physics, aggregation indices, organic matter.

INTRODUÇÃO

De acordo com Kiehl (1979), para haver formação dos agregados no solo são necessárias duas condições fundamentais: primeira, que uma força mecânica qualquer provoque a aproximação das partículas do solo – esse movimento pode ser causado pelo crescimento das raízes, por animais de hábito terrestre, pelo fenômeno da expansão e contração do solo provocado pelo molhamento e secamento alternado, ou pela floculação; a segunda condição é a de que, após o contato das partículas, haja um agente cimentante para consolidar essa união, gerando o agregado.

A matéria orgânica, os minerais de argila e os óxidos de Fe são os agentes cimentantes que mais contribuem para a agregação do solo. A matéria orgânica é mais eficiente na formação de agregados estáveis, e isso se deve à contribuição da atividade microbiana, à fauna terrestre e à vegetação, fatores que se associam à presença da matéria orgânica no solo (Kiehl, 1979). Com o incremento do teor de matéria orgânica há melhor distribuição de micro e macroporos do solo, favorecendo sua aeração e capacidade de infiltração e retenção de água. Além disso, há melhor estruturação e redução da densidade do solo, favorecendo a exploração de maior volume de solo pelas raízes (Longo, 1994).

Tisdall & Oades (1982) mostraram que a matéria orgânica exerce papel importante na formação e estabilização dos agregados do solo devido a ligações entre polímeros orgânicos e a superfície inorgânica, mediadas por cátions polivalentes. Baver & Gardner (1972) observou correlação direta entre a percentagem

carbono orgânico e a agregação em solos com de 25 % de argila, corroborando, assim, os resultados obtidos por Carpenedo & Mielniczuk (1990). Castro Filho & Logan (1991) afirmaram que os mecanismos de formação das diferentes classes de agregados são influenciados pelo teor de matéria orgânica, cuja quantidade irá permitir maior estabilidade da estrutura dos agregados, resultando em menor ou maior número de agregados.

Ao avaliar a agregação dos solos, o método agronômico volta-se para a distribuição de tamanhos de agregados, que podem ser determinados por meio da medida da quantidade e distribuição dos espaços entre os agregados, ainda, na suscetibilidade dos agregados à ação da água e do vento (Baver et al., 1973).

O tamanho dos agregados e o estado de agregação do solo podem ser determinados de várias maneiras. Segundo Kemper (1965) e Kemper & Chepil (1969), podem ser usados como parâmetros o diâmetro médio ponderado (DMP), o diâmetro médio geométrico (DMG) e o índice de estabilidade dos agregados (IEA), obtidos pelo fracionamento do solo em classes de agregados, por meio de tamisamento.

Cada parâmetro apresenta um princípio de funcionamento diferente. O DMP é tanto maior quanto maior for a percentagem de agregados grandes retidos nas peneiras com tamanhos maiores; o DMG representa uma estimativa da média da classe de agregados de maior o menor diâmetro; e o IEA representa uma medida da agregação do solo e não considera a distribuição por classes de agregados (Castro Filho et al., 1998).

A agregação das partículas de solo tratadas com vinhaça por longo tempo se dá principalmente

CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADOS EM UM LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRRICO TÍPICO.

forma que altas taxas de aplicação do resíduo juntamente com o tempo adequado de contato com o solo favoreceriam a aglutinação das partículas, promovendo aumento na sua estabilidade estrutural (Camargo et al., 1983). De fato, estes autores constataram que a agregação do solo em uma área que recebeu vinhaça ao longo do tempo foi maior que na área onde não houve sua aplicação. Aguiar (1992), por sua vez, encontrou resultados positivos com relação à estabilidade estrutural em dois solos, um arenoso-argiloso e outro argilo-siltoso, tratados com vinhaça, e Longo (1994), avaliando os efeitos da vinhaça sobre os atributos físicos, químicos e bioquímicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo textura média, também constatou que o tratamento com vinhaça promoveu aumento na estabilidade de agregados do solo.

Sabe-se que a vinhaça é um subproduto gerado a partir da produção do álcool. Sua produção é da ordem de 12 a 13 L por litro de álcool produzido, o que representa grande volume de resíduo (Medina & Brinholi, 1998). Contudo, sua elevada demanda bioquímica de oxigênio inviabiliza seu lançamento nos cursos d'água; assim, justificam-se os esforços visando seu aproveitamento para os mais diversos fins (Aguiar et al., 1992).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho distroférreico típico textura muito argilosa tratado com diferentes doses de vinhaça *in natura*.

MATERIAL E MÉTODOS

Em outubro de 1994, na Fazenda-Escola da Universidade Estadual de Londrina, localizada no município de Londrina-PR, 23° 23' S e 51° 11' W e 566 m de altitude, foi feito o plantio da variedade de cana-de-açúcar RB 785148, cujas características são: maturação média/tardia, boa capacidade de perfilhamento, alta produtividade agrícola, médio teor de sacarose, bom comportamento em solos de baixa fertilidade, alta resistência à ferrugem e reação intermediária ao carvão, mosaico e escaldadura das folhas (Programa..., 1988).

O clima característico da região, de acordo com a classificação de Köppen, é Subtropical Úmido Mesotérmico, apresentando temperatura média no mês mais frio inferior a 18 °C e temperatura média no mês mais quente acima de 22 °C, verões quentes, geadas pouco freqüentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida. A precipitação média anual varia de 1.400 a 1.600 mm; a temperatura média anual varia de 21 a 22 °C; e a umidade relativa anual, de 75 a 80 % (IAPAR, 2004).

foi preparado com arado de discos a uma profundidade de 30 cm, seguido de duas gradagens e da passagem de sulcador para abertura dos sulcos. Como fonte de N básico foram utilizados: 20 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 90 kg ha⁻¹ de K₂O, empregados respectivamente, uréia, superfosfato simples e óxido de potássio; 60 dias após o plantio, foram aplicados 50 kg ha⁻¹ de uréia como fonte de N.

O delineamento experimental utilizou blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo cada parcela composta por três linhas com 8 m de comprimento, espaçadas entre si. Para as avaliações foram consideradas as três linhas centrais de cada parcela, supondo-se 1,50 m em cada extremidade.

As doses de vinhaça foram: 0; 150; 300; 450 e 600 m³ ha⁻¹. As doses foram aplicadas em 1997 e de 1998, após a terceira e a quarta colheitas (segunda e terceira socas), e as avaliações foram realizadas em agosto de 1999, após a quinta colheita (quarta soca). Tanto as aplicações da vinhaça quanto as lheitas e as capinas foram realizadas manualmente.

Para determinar a composição química das amostras de caldo misto, a extração do N foi feita a 100°C com digestão sulfúrica, e sua determinação, pelo método de Kjeldahl; as extrações de P, K, Ca, Mg e S foram feitas por meio da digestão nítrico-perclórica. O teor de P foi determinado por espectrofotometria de absorção de molibdato de amônio; o K, por fotometria de absorção de Ca e o Mg, por espectrofotometria de absorção de S e o S, por espectrofotometria com precipitação de bário, conforme método descrito por Kiehl (1970). A composição química média, em kg m⁻³, das amostras de solo tratadas com vinhaça foi: N, 0,02; Ca, Mg e S, respectivamente, de 0,28; 0,01; 1,10; 0,24; e 5,48.

As amostras de solo foram coletadas em trincheiras de 1,50 x 1,00 m, transversais às linhas de plantio, nas seguintes profundidades: 0–10, 10–20, 20–30 e 30–40 cm. Após coleta, o solo foi seco à sombra, retirada do excesso de umidade. Para homogeneização da amostra, o volume total de cada uma das trincheiras foi dividido em partes iguais e passado em peneira com malha de 19 mm, eliminando-se os fragmentos com diâmetros maiores que as malhas da peneira, quebrados nos seus pontos de fraqueza. A amostra obtida, peneirada, a amostra de solo foi imediatamente acondicionada em sacos plásticos, para evitá-la posterior de umidade.

No laboratório, cada amostra de solo foi submetida em quatro subamostras, cada qual com 40 g de solo. Uma parte foi submetida à secagem em estufa a 105 °C para determinação da umidade e massa seca da amostra. As demais subamostras foram utilizadas no processo de umedecimento e tamisagem, de acordo com Yoder (1936).

A distribuição das classes de agregados da amostra de solo foi determinada em um tamisador

solo seco retido em cada peneira e, ainda, aquele que passou pela última peneira ($< 0,25\text{ mm}$), obtendo-se sete diferentes classes de agregados.

Sobre a peneira de maior abertura de malha de cada conjunto de peneiras, que continha papel-filtro para retenção da terra, foram colocados 40 g da amostra de solo. O umedecimento da amostra deu-se por capilaridade através da elevação do nível de água no interior do tamisador até que ela tocasse o papel-filtro, promovendo o molhamento do solo por um período de 15 min (Santos, 1993). Depois da saturação da amostra, o papel-filtro foi retirado e o tamisador acionado por 10 min.

Posteriormente, as peneiras foram retiradas do tamisador, e os agregados retidos em cada uma delas foram transferidos para frascos que, em seguida, foram colocados em estufa a 105°C por 24 h, para secagem. Depois de secas, as amostras foram pesadas novamente. Com a obtenção da massa de solo seco de cada classe de agregados, calculou-se, então, sua média. A classe de agregados de solo mais fino foi considerada aquela em que o solo passou pela peneira de malha de $0,25\text{ mm}$, ficando disperso no tamisador. Seu valor foi calculado pela diferença entre o somatório do peso das outras classes de agregados e o peso total da amostra seca. Com os valores de todos os dados obtidos, foram calculados o DMP, o DMG e o IEA, de acordo com a planilha de cálculos proposta por Castro Filho et al. (1998).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados da análise de variância, verificou-se que as diferentes doses de vinhaça não promoveram aumentos significativos nos índices de agregação para as profundidades estudadas. Do mesmo modo, Resende (1979), estudando os efeitos de doses crescentes de vinhaça sobre algumas propriedades de um solo aluvial, constatou que não houve alterações no estado de agregação do solo, e Aguiar et al. (1992), ao estudarem um Latossolo Roxo e um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, também observaram que houve pequeno ou nenhum efeito das doses de vinhaça sobre as características físicas dos solos.

Esses resultados podem ser atribuídos à quantidade de material orgânico contido na vinhaça natural, que não é suficiente para promover a agregação das partículas do solo, ou, por ser altamente biodegradável, não consegue atuar como agente cimentante (Longo et al., 1996). Além disso, a matéria orgânica em si, sem transformações biológicas, tem efeito muito pequeno, se é que tem alguma, na estrutura do solo (Bouyoucos, 1950).

da fauna e da vegetação (Campos et al., 1993). Nesse modo, o tempo de contato da vinhaça com o solo, a quantidade e as espécies de microrganismos presentes teriam sido suficientes para ocorrência das interações necessárias entre os fatores bióticos e a reação do solo a uma atividade biológica capaz de proporcionar melhorias na estabilidade dos agregados.

Nos quadros 1 e 2 pode-se verificar que as doses de vinhaça não promoveram redução na quantidade de agregados nas profundidades estudadas, nem aumento da massa de solo com maior tamanho, nem concentração nas profundidades de menor diâmetro, para as diferentes profundidades. Esses resultados sugerem que não ocorreu fracionamento dos agregados em frações menores. De fato, na área do experimento, não houve revolvimento de solo nem tráfego de máquinas agrícolas e implementos agrícolas, fatores que podem provocar modificações no tamanho dos agregados (Cintra, 1980; Silva, 1980).

Embora não tenha havido diferenças significativas entre os resultados, é possível observar que, em relação ao DMP, os maiores valores obtidos foram para as doses de $150\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ e $300\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ nas profundidades de $30\text{--}40\text{ cm}$ e de $300\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ na profundidade de $20\text{--}30\text{ cm}$. Nas profundidades de $10\text{--}20\text{ cm}$, todos os valores foram inferiores ao da testemunha. Para a profundidade de $30\text{--}40\text{ cm}$, os maiores valores foram superiores em relação à dose de $150\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$.

No que se refere ao DMG, o maior valor foi observado para a dose de $300\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$, na profundidade de $0\text{--}10\text{ cm}$. Na profundidade de $10\text{--}20\text{ cm}$, os maiores valores observados ficaram abaixo dos da testemunha. Quanto à profundidade de $20\text{--}30\text{ cm}$, a dose de $150\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ proporcionou maior DMG que a dose de $300\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$.

Em relação ao IEA, os maiores valores obtidos para a dose de $150\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$, nas profundidades de $0\text{--}10\text{ cm}$ e $20\text{--}30\text{ cm}$. Contudo, independentemente das doses e das profundidades, os valores obtidos são semelhantes e retratam o bom índice de agregação do solo. Esses dados ratificam a afirmação de Carpenedo & Mielniczuk (1990), segundo a qual, em seu estado natural, os Latossolos caracterizam-se por boa estabilidade estrutural, pois, além da matéria orgânica, apresentam elevados teores de argila e de óxidos de Fe e Al, que, de acordo com Baver et al. (1979) e Kiehl (1979), atuam como agentes de estabilização dos agregados. Ademais, o experimento foi realizado em uma área cultivada com cana-de-açúcar, cultura gramineá semiperene. Nesse sentido, os pesquisadores têm destacado os benefícios da adição de matéria orgânica e de plantas na formação e estabilidade dos agregados do solo. Esses efeitos benéficos podem ser atribuídos, principalmente, à alta densidade de matéria orgânica que promove a aproximação de partículas e à constante absorção de água do solo, às partículas, sem renovações do sistema radicular e à distribuição das excretas do solo, que estimula a

CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADOS EM UM LATOSOLO VERMELHO DISTROFÉRRICO TÍPICO.

Quadro 1. Diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregados (IEA) em quatro profundidades de um Latossolo Vermelho tratado com cinco doses de vinhaça

Profundidade	Dose	DMP		DMG		IEA
		mm	mm	mm	mm	
0–10	0	3,43 a	—	1,31 a	—	81,78 a
	150	3,30 a	—	1,23 a	—	83,98 a
	300	3,41 a	—	2,02 a	—	80,86 a
	450	2,73 a	—	1,01 a	—	82,77 a
	600	3,08 a	—	1,05 a	—	80,67 a
10–20	0	3,63 a	—	1,39 a	—	75,81 a
	150	3,28 a	—	1,26 a	—	79,64 a
	300	3,15 a	—	1,05 a	—	73,76 a
	450	2,64 a	—	1,17 a	—	80,82 a
	600	2,91 a	—	1,12 a	—	79,44 a
20–30	0	3,40 a	—	1,41 a	—	77,30 a
	150	3,56 a	—	1,74 a	—	87,04 a
	300	3,83 a	—	1,48 a	—	72,16 a
	450	2,67 a	—	0,86 a	—	65,97 a
	600	3,13 a	—	1,22 a	—	77,43 a
30–40	0	3,20 a	—	1,42 a	—	73,51 a
	150	3,94 a	—	1,56 a	—	68,35 a
	300	3,31 a	—	1,37 a	—	69,89 a
	450	3,42 a	—	1,54 a	—	80,77 a
	600	3,52 a	—	1,65 a	—	80,35 a
CV (%)		12,03	—	16,52	—	7,14

⁽¹⁾ Valores médios seguidos de letras minúsculas iguais na coluna, para cada profundidade do solo e cada profundidade diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Quadro 2. Massa dos agregados secos distribuídos em sete classes de tamanho em função das profundidades de um Latossolo Vermelho tratado com cinco doses de vinhaça

Profundidade	Dose	Classe de tamanho do agregado (mm)						
		> 8	8–4	4–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	< 0,25
0–10	0	5,08 a	6,80 a	4,20 a	4,63 a	4,95 a	7,20 a	7,14 a
	150	4,90 a	6,46 a	3,76 a	4,46 a	5,31 a	8,80 a	6,31 a
	300	4,63 a	5,25 a	5,10 a	3,13 a	4,30 a	10,13 a	7,46 a
	450	3,70 a	5,10 a	3,95 a	4,83 a	5,25 a	10,28 a	6,89 a
	600	4,75 a	5,43 a	4,00 a	4,38 a	4,57 a	9,33 a	7,54 a
10–20	0	5,50 a	7,13 a	4,53 a	4,73 a	4,72 a	4,10 a	9,29 a
	150	4,80 a	6,37 a	3,96 a	4,68 a	6,53 a	6,20 a	7,46 a
	300	5,15 a	5,65 a	3,23 a	3,61 a	5,21 a	7,18 a	9,97 a
	450	4,00 a	4,12 a	3,58 a	4,38 a	5,30 a	11,31 a	7,31 a
	600	4,12 a	5,75 a	3,68 a	4,19 a	4,12 a	10,45 a	7,69 a
20–30	0	5,00 a	6,81 a	4,28 a	4,71 a	4,38 a	6,33 a	8,49 a
	150	5,11 a	6,95 a	4,56 a	5,58 a	8,42 a	4,43 a	4,95 a
	300	6,31 a	6,81 a	4,45 a	4,96 a	4,65 a	2,35 a	10,47 a
	450	4,43 a	3,58 a	4,03 a	3,41 a	4,05 a	7,50 a	13,00 a
	600	4,78 a	5,68 a	3,80 a	4,55 a	4,30 a	8,45 a	8,44 a
30–40	0	4,26 a	6,58 a	4,95 a	5,55 a	5,63 a	3,27 a	9,76 a
	150	6,23 a	7,96 a	4,32 a	4,42 a	4,06 a	1,33 a	11,68 a
	300	4,78 a	6,38 a	5,08 a	5,10 a	4,83 a	2,81 a	11,02 a
	450	4,78 a	6,78 a	5,03 a	5,55 a	6,23 a	4,37 a	7,26 a
	600	4,52 a	7,95 a	5,18 a	5,72 a	6,10 a	3,15 a	7,36 a

Outro fator que pode ter influenciado os resultados é o período entre a última aplicação da vinhaça e as avaliações, que foi de oito meses, o qual pode não ter sido suficiente para que ocorressem modificações significativas na estrutura do solo.

CONCLUSÃO

As doses aplicadas de vinhaça não promoveram mudanças significativas nos diâmetros médios ponderado e geométrico e no índice de estabilidade de agregados de amostras das camadas de 0–10, 10–20, 20–30 e 30–40 cm do Latossolo Vermelho distroférico típico textura muito argilosa.

LITERATURA CITADA

- AGUIAR, M.A. Incorporação de vinhaça ao solo: Efeitos sobre as características de resistência do material obtido. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 1992. 74p. (Tese de Mestrado)
- AGUIAR, M.A.; FREIRE, W.J. & ALBUQUERQUE, P.J.R. Caracterização física e química de dois solos tratados com vinhaça. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21.; SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA DO CONE SUL, 1.; Santa Maria, 1992. Anais. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. p.1067-1077.
- BAVER, L.D. & GARDNER, W.H. Soil physics. 4.ed. New York, John Wiley, 1972. 498p.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. Física de suelos. Barcelona, Union Tipográfica Editorial Hispano-Americanana, 1973. 529p.
- CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S. & GERALDI, R.N. Características químicas e físicas de solo que recebeu vinhaça por longo tempo. Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 30p. (Boletim Técnico, 76).
- CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J. & PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrofílico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. R. Bras. Ci. Solo, 19:121-126, 1995.
- CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 14:99-105, 1990.
- CASTRO FILHO, C. & LOGAN, T.J. Liming effects on the stability and erodibility of some Brazilian Oxisols. Soil Sci. Soc. Am. J., 55:1407-1413, 1991.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. & PODANOSCH, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrofílico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. R. Bras. Ci. Solo, 22:527-538, 1998.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Serviço de Produção de Informação, 1999. 41p.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. Climáticas do Paraná. Disponível em www.iapar.br. Acesso em 16 maio 2004.
- KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of soil aggregates. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, 1965. p.499-511.
- KEMPER, W.D. Aggregate stability. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.511-519.
- KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. São Paulo, Ceres, 1985. 479p.
- KIEHL, E.J. Manual de edafologia: Relações solo-vegetal. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 263p.
- LONGO, R.M. Efeito da vinhaça "in natura" e biodigerida em propriedades de um solo cultivado com cana-de-açúcar. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 1992. (Tese de Mestrado)
- LONGO, R.M.; BONI, N.R. & ESPÍNDOLA, C.R. Efeito da vinhaça "in natura" e biodigerida em propriedades de um solo cultivado com cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25.; Bauru, 1996. Resumos. Universidade Estadual Paulista/Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1996. p.10.
- MEDINA, C.C. & BRINHOLI, O. Uso da vinhaça em agroindustriais nas produções de cana-de-açúcar e álcool. Pesq. Agropec. Bras., 33:1821-1825, 1998.
- PROGRAMA NACIONAL DE MELHORAMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR. Novas variedades RB para a região Sul do Brasil. Piracicaba, 1988. p.16-20.
- RESENDE, J.O. Consequências da aplicação de vinhaça em algumas propriedades físicas de um solo aluvial de um caso. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1979. 112p. (Tese de Doutorado)
- SANTOS, J.C.F. Comportamento de propriedades físicas e químicas de dois Latossolos roxos sob diferentes sistemas de manejo e rotação de culturas em plantio direto. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1993. 100p. (Tese de Doutorado)
- SILVA, I.F. Efeitos de sistemas de manejo e tempo de rotação de culturas em plantio direto sobre propriedades físicas de um Latossolo. Passo Fundo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. (Tese de Mestrado)
- SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Ação do sistema de plantio direto sobre propriedades físicas de um Latossolo. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1997. 100p. (Tese de Mestrado)
- TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Organic matter and stable aggregates in soil. J. Soil Sci., 33:141-148, 1981.