

# COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, MINERALÓGICAS, QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO ENTRE ÁREAS DE CULTIVO COM PLANTIO DIRETO E PLANTIO CONVENCIONAL

*Comparison of the Morphologic, Mineralogical, Chemistries and Physical of the soil Characteristics Between Areas of Cultivation With Direct Plantation and Conventional Plantation*

Clarice Farian de Lemos<sup>1</sup>  
Eduardo Teixeira da Silva<sup>2</sup>

## Resumo

O presente estudo tem como objetivo comparar características morfológicas, mineralógicas, químicas e físicas do solo entre duas áreas com processos de cultivos diferentes: plantio direto e plantio convencional. As análises foram realizadas no solo tipo Latossolo Vermelho Amarelo (Lva) textura argilosa, fase campo subtropical, relevo suave ondulado, localizadas no Centro de Estações Experimentais (CEEx) - Fazenda Canguiri - Universidade Federal do Paraná (UFPR), no município de Pinhais, PR. Para cada área foram avaliadas duas camadas, denominadas de "A" e "B", com profundidades de 0,0 a 20,0 cm e de 20,0 a 40,0 cm, respectivamente. Amostras deformadas de solo dessas duas camadas foram submetidas à caracterização morfológica e análises mineralógicas, químicas e físicas. Os resultados obtidos indicaram que o sistema de plantio diferente não alterou a composição mineralógica, textura, estrutura e a característica morfológica. Porém, alterou algumas características químicas e físicas do solo analisado, como, por exemplo: matéria orgânica, pH do solo, porosidade total, índice de vazios, grau de aeração, massa específica aparente seca, plasticidade e razão de dispersão.

**Palavras-chave:** Plantio direto; Latossolo vermelho amarelo; Características físicas do solo.

---

<sup>1</sup> Engenheira Civil, Engenheira de Segurança do Trabalho, aluna de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/UFPR e Professora do CEFET/PR-UNED/PR. Via do Conhecimento - Cx. Postal 571 - 85503-390 - Pato Branco/PR. clarilemos@mail.crea-pr.org.br.

<sup>2</sup> Eng.º Agrícola, Doutor em Construções Rurais e Ambiente, Professor da UFPR/SCA/Depto. de Solos e Engenharia Agrícola. Rua dos Funcionários, 1540, Cabral, Curitiba-PR. 80035-050. eduardo@agrarias.ufpr.br

## Abstract

The objective of the present study is to compare the morphological, mineralogical, chemical and physical characteristics of the soil in areas with different cultivation processes: direct and conventional sowing systems. The analyses were accomplished in Yellow Red Latosol (Lva) soil, loamy texture, subtropical field phase, wavy soft relief, located in the Experimental Station Center (CEEx) - Canguiri Farm - Federal University of Parana (UFPR), in the municipality of Pinhais/PR. For each area two layers, denominated "A" and "B", were evaluated, with 0,0 to 20,0 cm and 20,0 to 40,0 cm depths, respectively. Deformed samples of soils were submitted to morphological characterization and mineralogical, chemical and physical analyses. The results indicated that the system of different sowing did not alter the mineralogical composition, texture, structures and the morphological characteristics. However some chemical and physical characteristics of the analyzed soil were altered, as for example: organic matter, pH of the soil, total porosity, index of emptiness, degree of aeration, dried apparent specific mass, plasticity and dispersion sources.

**Keywords:** Direct sowing system; Yellow red latosol; Physical characteristics of the soil.

## Introdução

O preparo do solo, segundo Muzilli (1985), pode ser definido como a manipulação física, química ou biológica do solo, utilizando-se várias técnicas adequadas, que permitem a alta produtividade das culturas a baixo custo.

Os sistemas existentes de preparo do solo afetam de forma diferente o processo erosivo, devido às diversas intensidades de movimentação, da quantidade de restos culturais e das modificações físicas causadas no solo. Segundo Vieira (1985), o preparo e uso do solo alteram as suas características físicas, divergindo, cada vez mais, do seu estado natural, isso por atuar diretamente na sua estrutura.

Nos últimos anos, tem-se adotado o plantio direto por ser uma técnica rentável e por combater à erosão, mas alguns produtores, tradicionalmente, mantêm o plantio convencional.

De acordo com Machado (2001), no plantio convencional, a superfície do solo, depois de lavrada, fica solta, desagregada e exposta por vários períodos às condições do clima local. O solo desprotegido, sem cobertura vegetal, em uma região tropical e com ocorrência de chuvas com alto potencial erosivo é uma situação propícia para o processo de erosão. No plantio direto, as principais vantagens desse sistema é que há menor movimentação do solo e esse fica coberto por palha ou resto de cultura, que amortece o impacto das gotas de chuva.

## Materiais e Métodos

As áreas com os sistemas de plantio direto e plantio convencional, nas quais foram coletadas as amostras para a realização dessa pesquisa,

pertencem à Universidade Federal do Paraná (UFPR) - Centro de Estações Experimentais (CEEx) - Fazenda CANGUIRI, situada no Município de Pinhais, PR. A classificação do solo, nas áreas de plantio direto e plantio convencional em que foram determinados os pontos de coleta das amostras, é Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa, fase campo subtropical e relevo suave ondulado (Lva).

O clima desta região, segundo a classificação climática de Köeppen, é Cfb - Subtropical Úmido Mesotérmico, ou seja, com características climáticas sempre úmidas, geadas severas e frequentes no inverno, temperatura média anual de 16,5°C, sendo que a média no mês mais quente e mais fria é de 20,1°C e 12,8°C, respectivamente (MAACK, 1981).

O cultivo nos três anos anteriores ao estudo foi de pousio para ambos os sistemas de plantio, no inverno milho, para o plantio direto e soja, para o plantio convencional no verão, sendo que a área de plantio convencional no período de 1998 a 2000 foi utilizada para treinamento da Case - New Holland.

As coletas das amostras, em cada área de cultivo, foram feitas em duas camadas, que compreendem às seguintes profundidades: de 0,0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, denominadas de camadas "A" e "B", respectivamente.

Primeiramente realizou-se a limpeza dos pontos de coletas das amostras, retirando-se uma camada superficial com 3 cm de profundidade, em uma área de 4 m<sup>2</sup>, que foi descartada. Em seguida, para ambas as camadas, retirou-se: duas amostras deformadas com aproximadamente 3 kg, para a caracterização morfológica e análises mineralógicas, químicas e físicas do solo e três anéis metáli-

cos pequenos, com diâmetro de 3,65 cm e altura de 2,45 cm, para a obtenção da massa específica aparente e umidade natural, de acordo com EMBRAPA (1997).

As descrições morfológicas das camadas "A" e "B" foram realizadas de acordo com a metodologia de Lemos; Santos (1984) e as identificações das cores foram obtidas em amostras secas e úmidas, pertencentes a essas camadas, mediante carta de cores de Munsell (1998).

A identificação dos minerais, componentes da fração argila do solo, deram-se por meio das interpretações e cálculos dos espaçamentos interplanares dos difratogramas, obtidos pelo aparelho de Difratometria de Raios-X, segundo Witting; Allardice (1986), resultante das leituras das lâminas de argila orientadas, saturadas com Cloreto de Potássio e Cloreto de Magnésio, conforme EMBRAPA (1997).

As amostras deformadas, após identificadas, foram colocadas em bandejas metálicas, espalhadas e destorroadas. Em seguida, foram levadas à estufa com 65°C de temperatura, durante cinco dias. Após secagem, as amostras foram moídas e peneiradas na malha de 2 mm (terra fina seca

em estufa - TFSE), sem quebrar os cascalhos e calhaus. Depois de preparadas, as amostras seguiram para a execução dos ensaios físicos: granulometria, argila dispersa em água, massa específica aparente natural, massa específica real das partículas do solo e umidade natural, de acordo com EMBRAPA (1997) e o limite de liquidez e limite de plasticidade foram realizados conforme com NBR - 6459/84 e NBR - 7180/84, respectivamente.

## Resultados e Discussões

### PROPRIEDADES QUÍMICAS

As características químicas foram fornecidas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo, no Setor de Ciências Agrárias - UFPR. As camadas "A" e "B", de ambos os sistemas de cultivos, apresentam fertilidade média à alta, Alumínio ( $Al^{3+}$ ) nulo, Capacidade de Troca Catiônica (CTC) do solo de 17,77 a 20,31%, potássio ( $K^+$ ) de 0,07 a 0,21  $cmol_c/dm^3$ , fósforo (P) de 1,5 a 17,10  $mg/dm^3$ , carbono (C) de 2,69 a 3,51% e Saturação de Bases (V) de 62,30 a 73,41%, conforme Tabela 01.

**TABELA 01 - Propriedades químicas**

*Table 01 - Chemical properties*

CAMADA	pH		$\Delta pH$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$K^+$	$H^+$	$Al^{3+}$	S <sup>(1)</sup>	CTC <sup>(2)</sup>	P	V <sup>(3)</sup>	C	MO	A <sub>d</sub>
	KCl	H <sub>2</sub> O													
PC - A	5,6	5,8	-0,2	7,7	4,8	0,08	5,8	0,0	12,58	18,38	1,50	68,44	3,59	6,17	39,96
PC - B	5,4	5,6	-0,2	6,4	4,6	0,07	6,7	0,0	11,07	17,77	1,50	62,30	2,93	5,04	32,91
PD - A	5,6	5,9	-0,3	8,3	6,4	0,21	5,4	0,0	14,91	20,31	17,10	73,41	3,11	5,35	39,06
PD - B	5,6	5,9	-0,3	7,8	6,6	0,07	5,4	0,0	14,47	19,87	1,6	72,82	2,69	4,63	38,21

<sup>(1)</sup>  $S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+$  ; <sup>(2)</sup>  $CTC = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + H^+ + Al^{3+}$  ; <sup>(3)</sup>  $V = (S \times 100) / CTC$

De acordo com Catani et al. (1955), todos os valores de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $H^+ + Al^{3+}$  são considerados altos, pois apresentam valores acima de 5, 1 e 5, respectivamente, para ambos os sistemas de cultivos. O teor de  $K^+$  na camada "A" do plan-

tio direto é considerado médio, pois se encontra entre os valores de 0,12 e 0,30, mas nas demais camadas são considerados baixos, por serem inferiores a 0,12.

Segundo Koffler; Donzeli (1987), os valores de  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$  são muito altos, por consequência, os valores da Soma das Bases (S) e Capacidade de Troca Catiônica (CTC) se enquadram na clas-

se alta e ainda conferem alta Saturação de Bases (V), o que levou a considerar como mesoeutrófico ( $50 < V < 75$ ) solos férteis em todas as camadas estudadas.

O valor de fósforo na camada "A" do plantio direto apresenta-se alto ( $16 < P < 34$ ), enquanto que nas demais camadas apresenta-se muito baixo ( $P < 5$ ), de acordo com Koffler e Donzelli (1987).

Os teores de carbono (C%) diminuem com a profundidade, o que é coerente, pois é na superfície que o teor de matéria orgânica é maior. Verifica-se, ainda, que no sistema de plantio convencional os valores de C% e MO% são maiores que no plantio direto. Conforme Tomé (1997), as quantidades de carbono e, conseqüentemente, matéria orgânica são classificadas como altas para ambos os sistemas de cultivos.

Os valores de pH indicam acidez média, por estarem entre a faixa de  $5 < \text{pH} < 5,9$  e o DpH ( $\text{pH KCl} - \text{pH H}_2\text{O}$ ), em todas as camadas, apresentam valores negativos, o que corresponde à predominância de cargas elétricas negativas na CTC.

Os valores da atividade da argila ( $A_A$ ) decrescem com a profundidade para ambos os sistemas de plantios e são consideradas altas por

apresentarem valores acima de  $27 \text{ cmol}_c/\text{kg}$  de argila, segundo Lima; Lima (2000).

## PROPRIEDADES MORFOLÓGICAS

O solo apresenta cor escura em ambas as camadas nos dois sistemas de cultivos, textura argilosa e a estrutura apresenta forma de blocos subangulares. A consistência apresenta característica dura, friável, ligeiramente plástica e pegajosa, para o plantio convencional, e ligeiramente dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa, para o plantio direto. Segundo Lima; Lima (2000), os Latossolos cauliniticos tendem apresentar estrutura em blocos, o que os torna mais compactos e menos permeáveis e as argilas 1:1 (caulinita) são menos plásticos e pegajosos do que as argilas 2:1 (vermiculita e esmectita).

## PROPRIEDADES FÍSICAS

### Composição Granulométrica

As propriedades físicas referentes à composição granulométrica, argila dispersa em água, razão de dispersão, grau de floculação, relação silte/argila, coeficiente de uniformidade e coeficiente de curvatura apresentam valores conforme Tabela 02.

**TABELA 02 - Composição granulométrica**

Table 02 - Grain sized composition

CAMADA		FRAÇÃO DA AMOSTRA TOTAL %			COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA TERRA FINA % (DISPERSÃO COM NaOH)				ARGILA DISPERSA EM ÁGUA (%)	$R_D$ %	$G_F$ %	RELAÇÃO S/A	$C_u$	$C_c$
CAMAD	PROF. cm	CALHAUS > 20mm	CASCALHO 20-2 mm	TERRA FINA < 2 mm	AREIA GROSSA 2 - 0,25mm	AREIA FINA 0,20 - 0,075mm	SILTE 0,075 - 0,0025mm	ARGILA < 0,0025mm						
PC - A	00-20	0	0	0	16	6	32	46	18	23	61	0,70	4,00	0,25
PC - B	20-40	0	0	0	16	8	22	54	22	29	59	0,41	2,35	0,43
PD - A	00-20	0	0	0	12	10	26	52	20	26	62	0,50	2,50	0,40
PD - B	20-40	0	0	0	12	14	22	52	24	32	54	0,42	3,50	0,29

ONDE:  $R_D$ : Razão de Dispersão;  $G_F$ : Grau de Floculação; S/A: Silte/Argila;  $C_u$ : Coeficiente de Uniformidade;  $C_c$ : Coeficiente de Curvatura.

Todas as camadas apresentam areia fina com teores abaixo de 50%, porcentagem de argila

maior que 15%, diâmetro das partículas de solo correspondente a 50% do peso total desse solo ( $D_{50}$ ) são inferiores a 0,06 mm e os coeficientes de uniformidade ( $C_u$ ) são menores que 5, indicando, portanto, solos facilmente erodíveis, segundo os

critérios de avaliação de erodibilidade estabelecidos por Hénensal (1987).

Os resultados revelam que todas as camadas são classificadas, segundo o diagrama textural de Lemos e Santos (1984), como argilosas.

As porcentagens de argila dispersas em água crescem em 22% e 20% e a razão de dispersão também cresce em 26% e 23%, respectivamente, em profundidade. De acordo com o critério de erodibilidade estabelecido por Middleton (1930), em relação à razão de dispersão, todas as camadas apresentam solos erodíveis por possuírem valores maiores que 15%.

As porcentagens do grau de floculação diminuem em 3% e 13%, respectivamente, em profundidade, sendo que apresentam valores acima de 50% para todas as camadas, característica benéfica do ponto de vista agrícola e de controle a erosão, por propiciar a formação de agregados estáveis ou grânulos, que possibilitam a diminuição da impermeabilidade do solo à penetração das

águas e o crescimento vegetal, segundo Buckman (1979).

Os valores da relação silte/argila decrescem com a profundidade, onde se observa que para a camada "A" do plantio convencional é encontrado um valor de 0,7, para as demais camadas os valores são inferiores a 0,6.

Os coeficientes de uniformidade apresentam valores abaixo de 5 e os coeficientes de curvatura abaixo de 1, indicando que todas as camadas possuem granulometria muito uniforme e mal graduada, segundo a proposta de Allen Hazen, citado por Caputo (1988).

### Índices Físicos

Os resultados dos índices físicos, tais como: a massa específica aparente natural, a massa específica real das partículas do solo e a umidade natural são obtidas por meio da média de três repetições de ensaios, conforme Tabela 03.

**TABELA 03 - Resultados dos índices físicos**

*Table 03 - Results of the physical indices*

CAMADA	$\rho_n$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_{sat}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_p$ (g/cm <sup>3</sup> )	w (%)	e	P <sub>T</sub> (%)	G <sub>s</sub> (%)	G <sub>A</sub> (%)
PC - A	1,45	1,09	1,65	2,48	32,5	1,28	56,0	63,2	36,8
PC - B	1,47	1,07	1,64	2,49	38,2	1,33	57,0	71,7	28,3
PD - A	1,57	1,13	1,67	2,47	38,0	1,19	54,3	79,2	20,8
PD - B	1,54	1,10	1,66	2,48	40,3	1,25	55,6	79,7	20,3

ONDE:  $\rho_n$ : Massa Específica Aparente Natural;  $\rho_s$ : Massa Específica Aparente Seca;  $\rho_{sat}$ : Massa Específica do Solo Saturado;  $\rho_p$ : Massa Específica Real das Partículas do Solo; w: Umidade Natural do Solo; e: Índice de Vazios; P<sub>T</sub>: Porosidade Total; G<sub>s</sub>: Grau de Saturação; G<sub>A</sub>: Grau de Aeração.

A massa específica aparente natural cresce em 1,4% para o plantio convencional e decresce em 1,9% para o plantio direto, com relação à profundidade. Verificam-se valores menores para a massa específica aparente seca nas camadas com maior teor

de matéria orgânica, ficando esses valores entre 1,07 a 1,13. De acordo com Kiehl (1979), os limites médios das massas específicas aparentes secas, para solos argilosos, são entre 1,00 a 1,25 g/cm<sup>3</sup>.

Os valores das massas específicas reais demonstram-se próximos, com diferença de no máximo 0,01 g/cm<sup>3</sup> e os valores obtidos para o índice de vazios ficam entre 1,19 a 1,33.

As porcentagens da porosidade total ficam entre 54,3% a 57,0%, que se encontram na classificação de média a alta, segundo Oliveira; Paula (1984) citado por Lima; Lima (2000).

O menor valor para o grau de saturação é de 63,2 na camada "A" do plantio convencional, para as demais camadas são acima de 70%, conseqüentemente o inverso ocorre com o grau de aeração, que apresenta valores entre 20,3 a 36,8%. Segundo Baver (1968), citado por Kiehl (1979), a aeração ótima do solo situa-se entre 20 a 30%, correspondendo ao diâmetro médio dos agregados de 2 a 3 mm, o que propicia o desenvolvimento de raízes.

#### **TABELA 04 - Resultados dos limites de Atterberg**

*Table 04 - Results of the Atterberg limits*

CAMADA	L <sub>L</sub> (%)	L <sub>P</sub> (%)	I <sub>P</sub> (%)	I <sub>C</sub> (%)	I <sub>A</sub>
PC - A	45	35	10	1,25	0,22
PC - B	44	35	09	0,64	0,17
PD - A	48	31	17	0,59	0,33
PD - B	49	31	18	0,48	0,35

ONDE: L<sub>L</sub>: Limite de Liquidez; L<sub>P</sub>: Limite de Plasticidade; I<sub>P</sub>: Índice de Plasticidade; I<sub>C</sub>: Índice de Consistência; I<sub>A</sub>: Índice de Atividade da Argila.

O limite de liquidez e o índice de plasticidade diminuem em 2% e 10% para o plantio convencional, aumentam em 2,1% e 5,9% para o plantio direto e o limite de plasticidade se mantém constante, para ambos os sistemas de cultivos, em relação à profundidade.

Os valores do índice de plasticidade das camadas do plantio convencional se apresentam inferiores a 10%, nas camadas do plantio direto, esses valores ficam entre 10% e 40% e, em ambos, os índices de vazios são maiores que 0,7. Segundo a classificação de Hanson (1991), as camadas do plantio convencional e plantio direto são consideradas fáceis e moderadamente erodíveis, respectivamente.

De acordo com Vargas (1977), a classificação do solo, quanto ao índice de plasticidade, é pouco plástico para todas as camadas e quanto ao índice de consistência é consistência dura à

#### *Limites de Atterberg*

Os valores encontrados para os limites de plasticidade e liquidez e os índices de plasticidade, consistência e atividade se encontram conforme Tabela 04.

plástica média para o plantio convencional e consistência plástica média a plástica mole para o plantio direto, respectivamente. Segundo Sherard, citado por Hénensal (1987), os solos com  $6 < I_p < 15$  e  $I_p > 15$  são considerados com média e boa resistência à erosão.

Para todas as camadas de solo os valores do índice da atividade da argila se apresentam menores que 0,5 determinando que as argilas são inativas ( $I_A < 0,75$ ), segundo a proposta de Skempton; Borgan (1994) e pode-se afirmar ainda que há predominância de argila tipo 1:1, conforme Mitchell (1993) a variação da atividade da argila de até, no máximo, 0,5 são típicas de minerais tipo 1:1 (caulinita) e valores acima de 0,5 até 7,0 são de minerais 2:1 (ilita e esmectita).

#### **COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DA FRAÇÃO ARGILA**

Pelos cálculos dos espaçamentos interplanares dos picos, chega-se aos seguintes minerais: caulinita (1:1), gibbsita (1:1) e vermiculita-Al (2:1).

Observando o difratograma e a maior in-

tensidade dos picos definidos da caulinita, conclui-se que há predominância desse argilo mineral nas amostras analisadas. De acordo com Arumugan, citado por Vilar (1987), a caulinita é menos resistente à erosão que os argilos minerais 2:1 (esmectita e ilita).

## Conclusões

A comparação entre duas áreas com sistemas de preparo do solo diferentes: plantio convencional e plantio direto, das análises das características morfológicas, mineralógicas, químicas e físicas do solo, conduziram às seguintes conclusões:

a) o sistema de plantio diferente não alterou a composição mineralógica, textura, estrutura e a característica morfológica do solo analisado;

b) o sistema de plantio diferente alterou algumas características químicas e físicas do solo analisado: matéria orgânica, pH do solo, porosidade total, índice de vazios, grau de aeração, massa específica aparente seca, plasticidade e razão de dispersão.

## Referências

- BUCKMAN, H. O. **Natureza e propriedades dos solos**. 5. ed. Rio de Janeiro, RJ: Freitas Bastos, 1979.
- CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 1988. v. 1.
- CATANI, R. A. et al. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. **Boletim Científico**, Campinas, n. 69, 1955.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, RJ: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1997.
- HANSON, G. L. Development of a jet index to characterize erosion resistance of soils in earthen spillways. **Transaction os ASAE**, v. 34, n. 5, p. 2015-2020, 1991.
- HÉNENSAL, P. **Le risque dérosion hydrique des sols**. **Bull: Liaison Laboratoire Central des Ponts et Chaussées**, n. 150/151, p. 117-129, 1987.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**: relações solo-planta. São Paulo, SP: Ceres, p. 263, 1979.
- KOFFLER, N. F.; DONZELI, P. L. Avaliação dos solos brasileiros para a cultura da cana-de-açúcar. In: Cana-de-açúcar. **Cultivo e utilização**. [S.I.]: Fundação Cargill, 1987. v. 1. p. 19-41.
- LEMONS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Campinas: SBCS. 1984.
- LIMA, V. C.; LIMA, J. M. J. C. **Fundamentos de pedologia**. Apostila elaborada para o curso de Agronomia. Departamento de Solos, Setor de Ciências Agrárias. Curitiba: Universidade Federal do Paraná., 2000.
- MAACK, R. Classificação do clima do Estado do Paraná. In\_\_\_\_\_. **Geografia física do Estado do Paraná**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: José. Olímpio, 1981. p. 442.
- MACHADO, A. T. Agricultura urbana. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, v. 104, n. 636, p. 48-49, 2001.
- MITCHELL, J. K. **Fundamentals of soil behavior**. 2. ed. New York: J. Wiley & Sons, 1993. 437. 1993 p.
- MIDDLETON, H. E. Properties of soils wich influence soil erosion. **Technical Bulletin**, n. 178, p. 16, 1930.
- MUNSELL COLOR COMPANY. **Munsell soil color charts**. Baltimore / Maryland, 1998.
- MUZILLI, O. Fertilidade do solo em plantio direto. In\_\_\_\_\_. FANCELLI, A. L. **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 147-160.
- SKEMPTON, A. W.; BORGAN, J. M. Experiments on piping sandy gravels. **Geotechnique**, v. 44, n. 3, p. 449-460, 1994.
- TOMÉ JR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997.
- VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos**. São Paulo, SP: McGraw Hill do Brasil, Editora. da Universidade de São Paulo, 1977.

VIEIRA, M.J. Comportamento físico do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V.; MACHADO, J. (Coords.). **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fund. Cargill, 1985. p.163-179.

VILAR, O. M. **Formulação de um modelo matemático para a erosão dos solos pela chuva**. São Paulo, 1978. 196 f. Tese (Doutorado em Engenharia

Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 1978.

WITTING, L. D.; ALLARDICE, W. R. X-ray diffraction techniques. In: KLUTE, A. (ed.). **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 331-362.

Recebido: 05/02/2003

Aprovado: 31/03/2004