

## **EFEITO DOS SISTEMAS DE PREPARO DE SOLO NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM SOLO E NA PRODUTIVIDADE DO MILHO**

Émerson Borghi<sup>1</sup>, Luiz Malcolm Mano de Mello<sup>2</sup>, Carlos Alexandre Costa  
Crusciol<sup>1</sup>, Gustavo Pavan Mateus<sup>3</sup>

### **RESUMO**

O sistema de preparo influi nas características físicas do solo, alterando a dinâmica do ar e da água e a disponibilidade de nutrientes. O objetivo deste trabalho foi verificar as alterações nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférico e na produtividade de grãos de milho proporcionadas por três sistemas de preparo do solo, em área de cerrado. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de três sistemas de manejo do solo (preparo convencional, cultivo mínimo e semeadura direta) e duas épocas de amostragem dos atributos físicos do solo (antes da semeadura do milho e após a colheita dos grãos). Os sistemas de preparo influenciam os atributos físicos do solo diferentemente com a profundidade. O preparo convencional e a semeadura direta aumentaram a compactação do solo na profundidade de 0-10cm. Os sistemas de preparo influenciam os atributos físicos do solo, diferentemente com a profundidade. O sistema de preparo do solo com cultivo mínimo, por meio de escarificação a 30 cm de profundidade, aumenta a porosidade total do solo, a macroporosidade, com diminuição da densidade do solo, ocasionando maior produtividade de

---

<sup>1</sup> Depto. de Produção Vegetal-FCA/UNESP, C.P. 237, 18603-970, Botucatu, SP. e-mail: borghi@fca.unesp.br

<sup>2</sup> Depto. de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos - FE/UNESP, C. P. 56, 15385-000, Ilha Solteira, SP.

<sup>3</sup> Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios/Pólo Regional do Extremo Oeste, C. P. 67, 16900-000, Andradina, SP.

grãos, tornando-se alternativa de manejo conservacionista, principalmente em regiões com possibilidade de baixa precipitação nos períodos cruciais para o desenvolvimento do milho.

**Palavras-chave:** manejo conservacionista, preparo convencional, cultivo mínimo, semeadura direta, *Zea mays* L., produtividade.

## **EFFECT OF SOIL MANAGEMENT TILLAGE ON THE PHYSICAL ATTRIBUTES OF A SOIL AND ON CORN CROP PRODUCTIVITY**

### **ABSTRACT**

The system of tillage has an influence on physical soil characteristics, by altering air and water dynamics and nutrient disponibility. This work evaluates the alterations on physical attributes in the Red Oxisol as well as in corn grain productivity, given by tree tillage soil systems in the savana area. The experimental design used was the randomized complete-blocks, in factorial scheme, with four replications. The treatments consisted of three soil management systems (conventional tillage, minimum tillage and no tillage) and two sampling times of physical attributes (before the sowing and after harvest of grains). The results indicate that the tillage systems influenced the soil physical attributes according to the soil depth. The system of minimum tillage, through chisel plow at 30 cm depth, increase total porosity of soil, macroporosity, with decreasing soil density, causing higher grain production, providing a conservationist management alternative, mainly in regions with low precipitation in the important periods of the corn development.

**Key words:** conventional tillage, minimum tillage, no tillage system, *Zea mays* L., grain yield.

## INTRODUÇÃO

A escolha de determinado sistema de preparo deve levar em consideração as respostas das culturas, visando manter e/ou aumentar a produtividade e a qualidade do solo, a fim de diminuir as perdas por erosão, aumentar a capacidade de retenção e movimentação de água e recuperar as propriedades físicas do solo (Silva, 1999).

Dentre os sistemas que atendem a estes requisitos, destacam-se os métodos conservacionistas, como o preparo reduzido do solo por meio de escarificação, e a semeadura direta (Cubilla et al., 2002). Nestes, a manutenção de resíduos na superfície do solo proporcionada pela rotação de culturas, utilizando espécies com sistema radicular volumoso e com grande aporte de produção de massa, proporcionam melhorias nas condições físicas do solo, quando comparados ao sistema convencional. Silva et al. (2000) relataram que o sistema de semeadura direta apresentou distribuição mais uniforme dos poros com a profundidade, refletindo melhor estruturação do solo, comparado com os sistemas de preparo convencional e cultivo mínimo. De acordo com Corsini & Ferraudo (1999) as melhorias nas propriedades físicas do solo pela semeadura direta são mais pronunciadas ao longo do tempo. Segundo os autores, nos três primeiros anos agrícolas, o sistema de semeadura direta diminuiu a porosidade do solo e o desenvolvimento radicular das plantas na camada superficial do solo e, somente a partir do quinto ano agrícola, esses atributos começaram a melhorar, atingindo níveis de densidade, porosidade e de desenvolvimento radicular semelhantes aos obtidos logo após a realização das operações mecânicas de preparo convencional.

O manejo inadequado do solo proporcionado pelo sistema convencional, através de aração e gradagem, pode desencadear a formação de camadas de compactação, limitando o desenvolvimento do sistema

radicular em profundidade e reduzindo a produtividade das culturas. A cultura do milho pode ser considerada responsiva à compactação do solo (Spera et al., 2004), desta forma, o monitoramento do condicionamento físico do solo antes da operação mecânica e após o cultivo, podem indicar a limitação da cultura durante seu desenvolvimento.

O objetivo deste trabalho foi verificar as alterações nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférico e a produtividade de grãos da cultura do milho proporcionada pelos sistemas de preparo convencional, cultivo mínimo e semeadura direta, estabelecido em solo de cerrado.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2000/2001, em condições de campo, em área localizada no município de Selvíria – MS, pertencente à Faculdade de Engenharia da UNESP, Campus de Ilha Solteira, apresentando como coordenadas geográficas 51°22' de longitude oeste de Greenwich e 20°22' de latitude sul, com altitude de 335 metros. O solo da área experimental foi classificado de acordo com EMBRAPA (1999) como Latossolo Vermelho Distroférico típico argiloso, A moderado, caulinitico, compactado, muito profundo e moderadamente ácido (LVd). A área experimental apresenta declive médio de 4%, com boa drenagem. A precipitação média anual de 1.370mm, temperatura média anual de 23,5°C e a umidade relativa do ar entre 70 e 80% (variação anual). A precipitação pluvial e temperaturas máxima e mínima registradas no decorrer da condução do experimento são apresentadas na Figura 2.

Antes da instalação do experimento, foi realizada caracterização química do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, conforme metodologia proposta por Raij & Quaggio (1983). Os resultados revelaram as seguintes características: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,2; 38,5 g kg<sup>-1</sup> de M.O.; 41 mg dm<sup>-3</sup> de P

(resina); 3,8; 38; 12 e 32 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K, Ca, Mg e H+Al, respectivamente, e 61% de saturação por bases.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de três sistemas de manejo do solo (preparo convencional, cultivo mínimo e semeadura direta) e duas épocas de amostragem dos atributos físicos do solo (antes da semeadura do milho e após a colheita de grãos). Para as avaliações dos atributos físicos do solo, cada unidade experimental apresentou área total de 72 m<sup>2</sup>; já para a produtividade de grãos do milho, a área útil foi de 18 m<sup>2</sup>.

Os sistemas de manejo do solo, conduzidos desde 1995, foram implantados da seguinte forma: Preparo Convencional - realizado com uma aração e duas gradagens; Cultivo Mínimo - dessecação química, seguida de escarificação a 30cm; Semeadura direta - dessecação química, seguida de semeadura mecânica. Nas operações de dessecação, utilizou-se a mistura de herbicidas: 720 g ha<sup>-1</sup> de 2,4 D + 1,65 kg ha<sup>-1</sup> de glyphosate.

O milho foi semeado em 02 de janeiro de 2001, por meio de semeadora tracionada por trator, adotando-se o espaçamento de 45 cm entre linhas, na densidade de 55.000 plantas ha<sup>-1</sup>. A adubação de semeadura correspondeu a 500 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante multifosfato magnésiano de fórmula 06-19-10 (Raij et al., 1996), com os seguintes níveis mínimos de garantia: N-6%; P-19%; K-10%; Ca-8%; Mg-2,4%; S-5%; Zn-0,5%; B-0,15%; Cu-0,05%. A adubação de cobertura, à lanço, foi realizada no estágio de cinco folhas desenvolvidas, correspondendo a 20 DAE. Na ocasião, foi utilizado o fertilizante de formulação 30-00-06, na quantidade de 330 kg ha<sup>-1</sup>.

As amostras de solo para determinar os atributos físicos foram coletadas antes da semeadura da cultura do milho (dezembro/2000) e após a colheita para grãos (abril/2001), em cada unidade experimental. Para tanto,

foram retiradas amostras através de anéis volumétricos, em monólitos com estrutura natural, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30cm. Em cada época de amostragem determinaram-se, em laboratório, a densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total. Com auxílio de mesa de tensão (Kiehl, 1979), mediu-se o volume de microporos, pesando-se a quantidade de água retida na amostra submetida à sucção de 0,6 m de coluna de água durante quatro dias. Posteriormente, as amostras foram secas a 105°C, e pesadas para calcular a densidade do solo. O volume total de poros foi calculado relacionando a densidade do solo e a densidade de partículas, e subtraindo o resultado da unidade, sendo os valores expressos em porcentagem. O volume de macroporos foi calculado pela diferença entre o volume total de poros e o volume de microporos.

A colheita do milho foi efetuada 105 dias após a emergência. Foram colhidas manualmente duas linhas centrais de cada unidade experimental, trilhadas mecanicamente as espigas e, posteriormente, determinado o peso dos grãos colhidos e calculada a produtividade de milho por hectare (13% de teor de água).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste DMS a 5% de probabilidade, por meio do programa SISVAR (Ferreira, 1999).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na profundidade de 0-10 cm, a semeadura direta apresentou o maior valor de densidade do solo antes da semeadura do milho, não sendo verificado o mesmo efeito após a colheita de grãos (Tabela 1). Nesta profundidade ainda, houve redução na densidade do solo nos sistemas de preparo convencional e semeadura direta, em decorrência da época de amostragem, indicando diminuição na compactação nesta camada. Na camada de 20-30 cm verificou-se menor densidade do solo no preparo

---

convencional antes da semeadura do milho, indicando provável camada de impedimento nesta profundidade, demonstrado pelos valores nos sistemas de cultivo mínimo e semeadura direta. Porém, o desenvolvimento radicular do milho, favorecido por estes sistemas de manejo, diminuiu a densidade, principalmente no cultivo mínimo, uma vez que, na operação de escarificação, as hastes trabalharam nesta profundidade, promovendo o rompimento de camadas de impedimento. Nesta mesma profundidade, o preparo convencional aumentou a densidade do solo, provavelmente, em virtude do adensamento natural do solo, mesmo após o cultivo do milho (Mello, 2001).

**Tabela 1** - Valores de densidade do solo ( $\text{Mg m}^{-3}$ ) em diferentes sistemas de preparo do solo, antes da semeadura do milho e após a colheita da cultura para grãos.

	Épocas de amostragem	
	Antes da semeadura	Após a colheita
	<b>0-10cm</b>	
Convencional	1,46Aab	1,27Ba
Mínimo	1,38Ab	1,29Aa
Direto	1,52Aa	1,32Ba
CV (%)	4,76	
	<b>10-20cm</b>	
Convencional	1,40Aa	1,40Aa
Mínimo	1,39Aa	1,36Aa
Direto	1,46Aa	1,42Aa
CV (%)	8,05	
	<b>20-30cm</b>	
Convencional	1,31Bb	1,45Aa
Mínimo	1,43Aa	1,27Bb
Direto	1,38Aa	1,46Aa
CV (%)	6,50	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, para cada profundidade, não diferem entre si pelo teste DMS a 5% ( $P < 0,05$ ) de probabilidade.

O sistema de cultivo mínimo proporcionou maior porosidade total (Tabela 2) e macroporosidade (Tabela 3) em relação aos demais sistemas de manejo. Antes da semeadura do milho, o efeito foi mais pronunciado na camada de 0-10 cm e, após a escarificação e cultivo do milho, houve aumento da porosidade e da macroporosidade na camada de 20-30 cm. A ação da haste escarificadora na camada de 20-30 cm proporciona rompimento de camadas de impedimento, facilitando maior desenvolvimento radicular (Arf et al., 2002) e, por conseguinte, aumentando o espaço poroso no solo. Além disso, na profundidade de 0-10 cm, os



sistemas de preparo convencional e semeadura direta aumentaram a porosidade total em função das épocas de amostragem. A seqüência de operações de preparo do solo, semeadura, tratos culturais e colheita, nos tratamentos onde não há cobertura morta sobre a superfície, pode proporcionar maiores valores de densidade do solo e macroporosidade, e menores de porosidade total e microporosidade (Spera et al., 2004).

**Tabela 2** - Valores de porosidade total ( $m^3 m^{-3}$ ) em diferentes sistemas de preparo do solo, antes da semeadura do milho e após a colheita da cultura para grãos.

	Épocas de amostragem	
	Antes da semeadura	Após a colheita
	<b>0-10cm</b>	
Convencional	0,44Bb	0,52Aa
Mínimo	0,48Aa	0,52Aa
Direto	0,45Bab	0,51Aa
CV (%)	5,35	
	<b>10-20cm</b>	
Convencional	0,46Aa	0,48Aa
Mínimo	0,46Aa	0,49Aa
Direto	0,44Aa	0,48Aa
CV (%)	7,23	
	<b>20-30cm</b>	
Convencional	0,46Aa	0,47Ab
Mínimo	0,46Ba	0,52Aa
Direto	0,46Aa	0,47Ab
CV (%)	4,49	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, para cada profundidade, não diferem entre si pelo teste DMS a 5% ( $P < 0,05$ ) de probabilidade.

**Tabela 3** - Valores de macroporosidade ( $m^3 m^{-3}$ ) em diferentes sistemas de preparo do solo, antes da semeadura do milho e após a colheita da cultura para grãos.

	<b>Épocas de amostragem</b>	
	<b>Antes da semeadura</b>	<b>Depois da semeadura</b>
	<b>0-10cm</b>	
Convencional	0,07Bb	0,17Aa
Mínimo	0,13Aa	0,16Aa
Direto	0,08Bab	0,16Aa
CV (%)	28,03	
	<b>10-20cm</b>	
Convencional	0,08Aa	0,12Aa
Mínimo	0,18Aa	0,13Aa
Direto	0,07Aa	0,12Aa
CV (%)	73,50	
	<b>20-30cm</b>	
Convencional	0,09Aa	0,10Ab
Mínimo	0,08Ba	0,17Aa
Direto	0,09Aa	0,10Ab
CV (%)	28,61	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, para cada profundidade, não diferem entre si pelo teste DMS a 5% ( $P < 0,05$ ) de probabilidade.

Muito embora o sistema de cultivo mínimo tenha apresentado menores valores de densidade do solo e maiores de porosidade total e macroporosidade constata-se que, após a colheita do milho, este sistema apresentou menor valor de microporosidade na camada de 20-30 cm (Tabela 4). Nas demais profundidades avaliadas, o sistema de manejo adotado não interferiu nos valores de microporosidade do solo, indicando que o espaço ocupado pela água não se alterou com o tipo de preparo, independente da época de amostragem realizada.

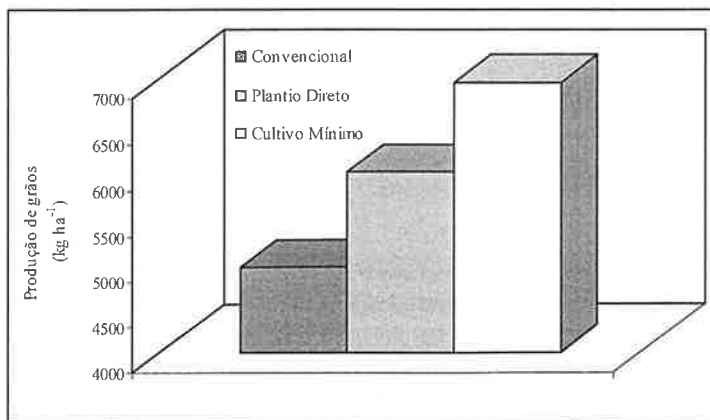
**Tabela 4** - Valores de microporosidade ( $m^3 m^{-3}$ ) em diferentes sistemas de preparo do solo, antes da semeadura do milho e após a colheita da cultura para grãos.

	Épocas de amostragem	
	Antes da semeadura	Depois da semeadura
	0-10cm	
Convencional	0,37Aa	0,39Aa
Mínimo	0,36Aa	0,36Aa
Direto	0,37Aa	0,35Aa
CV (%)	8,52	
10-20cm		
Convencional	0,38Aa	0,40Aa
Mínimo	0,36Aa	0,36Aa
Direto	0,37Aa	0,36Aa
CV (%)	8,86	
20-30cm		
Convencional	0,37Aa	0,40Aa
Mínimo	0,38Aa	0,35Ab
Direto	0,37Aa	0,37Aab
CV (%)	6,37	

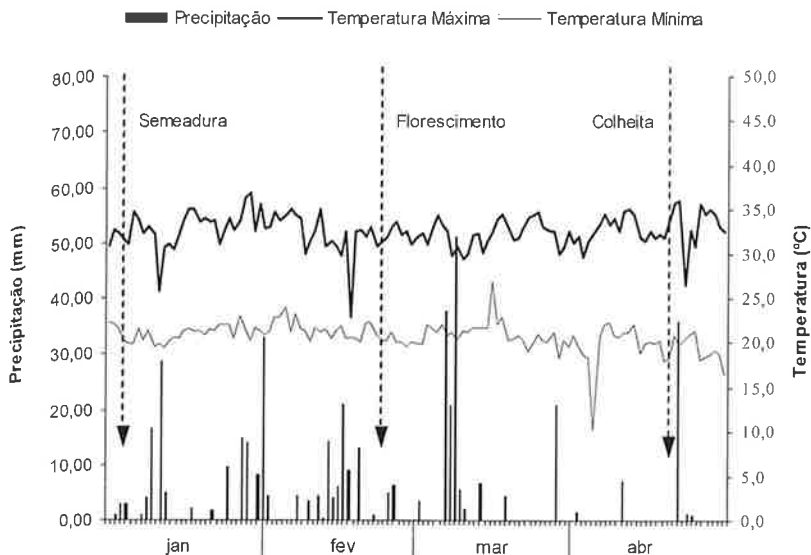
Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, para cada profundidade, não diferem entre si pelo teste DMS a 5% ( $P < 0,05$ ) de probabilidade.

A produtividade de grãos de milho sofreu influência dos sistemas de preparo avaliados, sendo a menor produtividade encontrada no sistema de preparo convencional do solo ( $4.940 \text{ kg ha}^{-1}$ ), seguida da semeadura direta ( $5.971 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e cultivo mínimo ( $6.955 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (Figura 1). Como o experimento foi conduzido em condições de sequeiro e houve deficiência hídrica durante a fase de florescimento (Figura 1), a maior produtividade do milho no sistema de cultivo mínimo pode estar relacionada com o processo de rompimento da camada de impedimento pela escarificação. Isto deve ter favorecido o desenvolvimento radicular e possibilitado maior absorção de água e nutrientes pelo milho, manifestando-se ao máximo o potencial

produtivo da cultura, mesmo após o período de seca ocorrido entre o florescimento e a colheita. Aliado a estes fatores, a redução na densidade do solo, com conseqüente aumento no espaço poroso, pode ter proporcionado maior mobilidade de água e nutrientes para o sistema radicular, favorecendo a absorção e resultando em maior produção de grãos.



**Figura 1** - Produção de grãos de milho (kg ha<sup>-1</sup>) no sistema de preparo convencional, semeadura direta e cultivo mínimo do solo.



**Figura 2** – Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima e mínima (°C) registradas no ano agrícola 2000-2001, e estádios fenológicos da cultura do milho. Fazenda de Ensino e Pesquisa, UNESP, Selvíria, MS.

## CONCLUSÕES

Os sistemas de preparo influenciam os atributos físicos do solo, reduzindo a densidade e alterando a porosidade com a profundidade.

O sistema de preparo do solo com cultivo mínimo, por meio de escarificação a 30 cm de profundidade, aumenta a porosidade total do solo e macroporosidade, diminui a densidade do solo, resultando em maior produtividade de grãos, tornando-se alternativa de manejo conservacionista, principalmente em regiões com possibilidade de baixa precipitação nos períodos críticos ao desenvolvimento do milho.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E; CRUSCIOL, C. A. C.; PEREIRA, J. C. R. Preparo do solo, irrigação por aspersão e rendimento de engenho do arroz de terras altas. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 321-326, 2002.
- CORSINI, P. C.; FERRAUDO, A. S. Efeito dos sistemas de cultivo na intensidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 289-298, 1999.
- CUBILLA, M.; REINERT, D. J.; AITA, C.; REICHERT, J. M. Plantas de cobertura do solo: uma alternativa para aliviar a compactação em sistema semeadura direta. **Revista Semeadura direta**, v. 71, p. 29-32, 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**: Rio de Janeiro: EMBRAPA / CNPS, 1999. 412 p.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR**: Sistema de análise de variância. Versão 4.2. Lavras: UFLA/DEX, 1999.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**: relação solo-água-plantas. São Paulo: Agrônomo Ceres, 1979. 262 p.
- MELLO, L. M. M. **Integração agricultura-pecuária em semeadura direta**: Atributos físicos e cobertura residual do solo, produção de forragem e desempenho econômico. 2001. 72f. tese (Livre Docência) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.
- RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81)
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 2ª ed., 1996. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico 100).

- SILVA, A. R. B. **Comportamento de variedades / híbridos de milho (*Zea mays* L.) em diferentes tipos de preparo do solo.** 1999. 95f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 1999.
- SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Suscetibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 239-249, 2000.
- SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob semeadura direta nos atributos físicos do solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 533-442, 2004.