

## Comunicação

# Efeitos da escarificação mecânica nos atributos físicos do solo e agronômicos do capim elefante

Hideo de Jesus Nagahama<sup>1</sup>, Gilmara Pires Granja<sup>1</sup>, Jorge Wilson Cortez<sup>2\*</sup>, Renato Lima Ramos<sup>1</sup>,  
Sálvio Napoleão Soares Arcoverde<sup>2</sup>

10.1590/0034-737X201663050020

### RESUMO

A compactação do solo é uma das principais causas de perdas de produtividade em culturas forrageiras, especialmente àquelas destinadas à produção de silagem, devido ao intenso tráfego de máquinas nas operações de semeadura, manejo e colheita. A escarificação do solo poderia ser uma alternativa para contornar o problema. Assim, objetivou-se avaliar os efeitos da escarificação mecânica nos atributos físicos de um Argissolo Amarelo, bem como os componentes agronômicos do capim elefante, cultivado em área com intenso tráfego de máquinas. O trabalho foi conduzido no Campus de Ciências Agrárias – UNIVASF, Petrolina, PE, no Submédio do Rio São Francisco, em blocos ao acaso, com quatro repetições; constituídos por profundidades de escarificação: ESC 0 – sem escarificação, ESC 15 – escarificação de 0,00 a 0,15 m e ESC 30 – escarificação de 0,00 a 0,30 m. Avaliaram-se os atributos físicos do solo antes e após a escarificação, sendo: densidade do solo, porosidade total e resistência do solo à penetração; e os componentes agronômicos do capim elefante: altura de planta e produção de biomassa. A densidade do solo, a porosidade total e a resistência do solo à penetração, bem como a produção de biomassa não foram influenciadas pela profundidade de escarificação, provavelmente pela textura arenosa do solo. A resistência do solo à penetração mostrou ser o atributo mais sensível para identificação da compactação e do efeito da escarificação mecânica. Não se verificaram alterações nas propriedades físicas do solo, densidade e porosidade total do solo, para os tratamentos sem escarificação, escarificação de 0,00 a 0,15 m e escarificação de 0,00 a 0,30 m. As profundidades de escarificação do solo não afetaram os componentes agronômicos do capim elefante.

**Palavras-chave:** mecanização agrícola; compactação do solo; *Pennisetum purpureum*.

### ABSTRACT

#### Effects of the mechanical chiseling in the soil physical and agronomical attributes in an elephant grass crop

Soil compaction is one of the major causes of yield losses in forage crops, especially those for the production of silage, due to heavy machinery traffic in seeding, management and harvesting operations. The soil chiseling could be an alternative to solve the problem. Thus, this work aimed to evaluate the effects of mechanical chiseling on the physical attributes in a Yellow Argis soil, and agronomic characteristics of elephant grass grown, in area with intensive traffic of machines. The experiment was conducted at the Campus of Agricultural Sciences - UNIVASF in the Submedium of the São Francisco River, in randomized blocks design with four replications; consisting of three depths chiseling: ESC 0 – without chiseling, ESC 15 – chiseling 0.00 to 0.15 m and ESC 30 – chiseling 0.00 to 0.30 m. It was evaluated the physical attributes of the soil before and after chiseling scarification, and soil bulk density, porosity and penetration resistance; and agronomical components of elephant grass: plant height and biomass production. The bulk density,

Submetido em 09/12/2013 e aprovado em 04/04/2016.

<sup>1</sup>Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Bahia, Brasil. hideo.nagahama@univasf.edu.br; gilmara.granja@hotmail.com; renatolimaramos1@gmail.com;

<sup>2</sup>Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. jorgecortez@ufgd.edu.br; salviounivasf@hotmail.com

\*Autor para correspondência: jorgecortez@ufgd.edu.br

porosity and resistance to penetration as well as biomass production were not affected by the depth of chiseling, due to the sand soil texture. The mechanical resistance to penetration proved to be the most sensitive attribute to identify the compacting and the effect of mechanical chiseling. It was not observed change in the soil physical properties in the treatments with chiseling, chiseling in the depth of 0.00 to 0.15 m and 0.00 to 0.30 m. The chiseling depth evaluated not affect the agronomical components of the elephant grass.

**Keywords:** agricultural mechanization; soil compaction; *Pennisetum purpureum*

## INTRODUÇÃO

O capim elefante (*Pennisetum purpureum* Shum.) é uma forrageira com elevado potencial de produção de matéria seca, mostrando-se ótima alternativa às culturas anuais para produção de silagem (Monteiro *et al.*, 2011).

Dada a sua grande importância, no contexto técnico-econômico dos sistemas de produção animal em pastagens, essa planta forrageira tropical tem sido cada vez mais detalhada e estudada. Para tanto, suas necessidades, em relação aos aspectos edafoclimáticos devem ser atendidas (Magalhães *et al.*, 2009). No ecossistema das pastagens, o solo pode ser considerado como um elemento determinante para o crescimento das gramíneas, pois os seus atributos físicos e químicos atuam diretamente no processo de estabelecimento e de desenvolvimento dessas plantas (Pignataro Netto *et al.*, 2009).

As alterações físicas das camadas do perfil do solo podem ocorrer pelo tráfego de máquinas agrícolas, por causa da tração aplicada à superfície, quando do deslocamento do trator, o que produz deformações da estrutura do solo e, às vezes, promove o movimento das partículas que compõem o solo (Leão & Soares, 2000).

Alterações físico-hídricas podem interferir negativamente na produtividade das culturas, especialmente em regiões onde são comuns a restrição e a má distribuição das chuvas. Os diferentes sistemas de manejo de solos têm a finalidade de reduzir essas restrições, propiciando condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas (Prando *et al.*, 2010).

A compactação do solo é uma importante causa de perdas de produtividade, em razão de modificações físicas no ambiente radicular. Essas alterações englobam a redução das disponibilidades de oxigênio e de água e o aumento da resistência do solo ao crescimento radicular (Debiasi *et al.*, 2010).

A escarificação é uma das alternativas recomendadas frequentemente para reduzir a compactação dos solos, utilizando-se para essa atividade o escarificador, que, conforme Cortez *et al.* (2011), é um equipamento de preparo do solo em que o trabalho ocorre por ação de hastes, sem a inversão da leiva, tornando-se menos agressivo à estrutu-

ra e com menor capacidade de reversão das camadas do solo, reduzindo a compactação de forma mais localizada.

Pressupõe-se que o uso do escarificador em diferentes profundidades de trabalho poderá afetar os atributos físicos do solo, com efeitos para o desenvolvimento do capim elefante. Por essa razão, objetivou-se, avaliar os efeitos da escarificação mecânica nos atributos físicos de um Argissolo Amarelo, bem como nos componentes agrônômicos do capim elefante cultivados em área com intenso tráfego de máquinas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental do Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, em Petrolina, PE, localizada em 09°19'16" S e 40°33'43" O, a uma altitude de 373 m. O clima da área é do tipo BsWh, conforme classificação de Köppen (Brasil, 1973), caracterizado pela escassez e irregularidades das precipitações, com chuvas no verão e forte evaporação, em consequência das altas temperaturas. O solo (Tabela 1) foi classificado como Argissolo Amarelo distrófico, textura arenosa por Amaral *et al.* (2006), segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

A área experimental foi constituída de uma área retangular de 25 x 400 m (1,0 ha) e encontrava-se com o cultivo de capim elefante desde o ano de 2005. A área experimental possui um sistema de irrigação por aspersão convencional em malha fixa. Periodicamente ocorre o tráfego de máquinas agrícolas, visando ao corte do capim para silagem e alimentação diária de animais.

Como fonte de potência para tracionar o escarificador, foi utilizado um trator modelo 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar), com 55,2 kW (75 cv) de potência no motor, pneus dianteiros 12.4 – 24 R1 e traseiros 18.4 – 30 R1, rotação de trabalho no motor de 2.044 rpm (rotações por minuto e velocidade de trabalho de 2,45 km h<sup>-1</sup> (1ª reduzida com TDA ligada). Quanto ao escarificador, utilizou-se equipamento com três hastes espaçadas em 0,34 m; ponteira estreita de 0,05 m; largura total de 1,20 m; massa de 295 kg e profundidade de trabalho de 0,35 m.

Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, de três profundidades de escarificação: ESC 0 – sem escarificação, ESC 15 – escarificação de 0,00 a 0,15 m e ESC 30 – escarificação de 0,00 a 0,30 m. Cada parcela continha área útil de 250 m<sup>2</sup> (5 x 50 m), as camadas do solo avaliadas foram: 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m de profundidade.

A determinação da densidade do solo (Ds) foi realizada por meio de coletas de amostras indeformadas, com anéis volumétricos de 128 cm<sup>3</sup> em um ponto aleatório dentro de cada parcela nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m de profundidade (Embrapa, 1997). A porosidade total determinada do solo (Pt) foi obtida após os anéis volumétricos serem colocados em bandeja com água até atingirem o ponto de saturação e novamente pesados (Camargo *et al.* 1986).

Para análise da resistência do solo à penetração (RP), utilizou-se um penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf (Stolf *et al.*, 1983). A RP foi mensurada, contabilizando-se o número de impactos causados pela queda de um peso (Stolf, 1991), num curso constante, nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m de profundidade.

A umidade do solo foi determinada por meio de amostras deformadas coletadas nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m de profundidade; de modo aleatório, nas parcelas, empregando-se o método gravimétrico (Embrapa, 1997). As amostragens de umidade do solo foram realizadas antes e após a escarificação, com o intuito de caracterizar o perfil do solo e também

para auxiliar na análise dos atributos físicos coletados (Tabela 2).

A altura de plantas foi obtida por meio de oito medições em cada parcela e os valores foram expressos em média. Para a medição da altura, tomou-se como referencial a base do colo da planta ( $\pm 0,05$  m de altura do solo) até o ponto de inserção da folha bandeira. As medições foram realizadas aos 15, 30, 45 e 60 dias após o corte (DAC) e após a escarificação.

As determinações da biomassa seca do capim elefante ocorreram aos 30 e aos 60 DAC, em área de 1,0 m<sup>2</sup>, cortando-se as plantas na região basal, em oito pontos distintos por parcela. As plantas foram colocadas para secar em estufa de circulação de ar forçada, a 70 °C, até atingir massas constantes, posteriormente transformadas em Mg ha<sup>-1</sup>.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Densidade do solo (Ds)*

Observou-se que a densidade do solo (Ds) não diferiu estatisticamente para as três profundidades de escarificação, em ambas as épocas de coleta de dados (antes e após escarificação), e também para as camadas do solo analisadas (Tabela 3). Segundo Evans *et al.* (1996), a densidade do solo, determinada pela técnica do anel volumétrico, é uma medida relativamente insensível aos efeitos da escarificação, o que pode justificar a ausência de diferen-

**Tabela 1:** Composição granulométrica, umidade, capacidade de campo e ponto de murcha permanente para as camadas do Argissolo Amarelo, na área experimental, em Petrolina, PE, Brasil

Camadas do solo (m)	Composição Granulométrica			Umidade	Capacidade de Campo	Ponto de Murcha Permanente
	Argila	Areia	Silte			
	kg kg <sup>-1</sup>					
0,00 – 0,10	0,090	0,878	0,032	0,1538	0,1070	0,0150
0,10 – 0,20	0,100	0,883	0,017	0,0938	0,1010	0,0180
0,20 – 0,30	0,080	0,852	0,068	0,0924	0,0910	0,0150
0,30 – 0,40	0,140	0,807	0,053	0,0944	0,1360	0,0130

Fonte: Adaptado de Cortez *et al.* (2011).

**Tabela 2:** Umidade gravimétrica durante a coleta de dados dos atributos físicos do solo para as camadas do Argissolo Amarelo na área experimental, em Petrolina, PE, Brasil

Camadas do solo (m)	Umidade do solo (kg kg <sup>-1</sup> )					
	ESC 0		ESC 15		ESC 30	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
0,00 – 0,10	0,2308	0,1063	0,2098	0,1276	0,2359	0,0958
0,10 – 0,20	0,0863	0,0701	0,0947	0,0802	0,0989	0,0769
0,20 – 0,30	0,1006	0,0776	0,0953	0,0777	0,0979	0,0691
0,30 – 0,40	0,1172	0,0825	0,1026	0,0779	0,0982	0,0797

ESC 0: sem escarificação, ESC 15: escarificação de 0,00 a 0,15 m e ESC 30: escarificação de 0,00 a 0,30 m.

ças estatísticas entre os tratamentos, principalmente em solos arenosos, visto que o coeficiente de variação do atributo Ds apresentou-se baixo ( $CV < 10\%$ ), conforme Pimentel-Gomes (2000).

Colet *et al.* (2009), quando avaliaram as alterações ocorridas na densidade de um Latossolo Vermelho Amarelo sob pastagem, mediante sua escarificação, constataram redução da densidade do solo após escarificação na camada de 0,00-0,10 m, o que não foi verificado neste trabalho. Provavelmente, esta diferença esteja associada ao tipo de solo da área experimental.

#### Porosidade total determinada do solo (Pt)

As porosidades totais determinadas do solo (Pt) não diferiram entre si, para as três profundidades de escarificação (Tabela 4). A característica textura arenosa do Argissolo Amarelo pode ter contribuído para não ocorrerem diferenças nos valores de porosidade total. Matias *et al.* (2009), quando estudaram diferentes formas de uso de um Latossolo

Vermelho, verificaram que a porosidade total sofreu pouca influência das modificações causadas pelo preparo do solo, tanto em profundidade como entre os diferentes usos; uma vez que a componente macroporosidade reflete mais a condição do solo, no momento e local da amostragem, do que uma condição final ou permanente.

#### Resistência mecânica do solo à penetração (RP)

A umidade do solo (Tabela 2), antes da escarificação, apresentou valores superiores ao de capacidade de campo (CC), na camada superficial (0,00-0,10 m). No entanto, os teores de umidade das demais camadas estiveram próximos aos de CC. Após a escarificação, os valores de umidade do solo ficaram próximos aos de capacidade de campo. Conforme Silveira *et al.* (2010), quando os parâmetros de resistência à penetração (RP) estão com valores acima dos limites estabelecidos, mesmo na capacidade de campo, isso é um indicativo da necessidade de manejo para controle da RP.

**Tabela 3:** Densidade do solo (Ds) antes e após a escarificação do solo para as camadas de solo estudadas na área experimental, em Petrolina, PE, Brasil

Fatores	Densidade do solo ( $Mg\ m^{-3}$ )							
	Camadas do solo (m)							
	0,00 – 0,10		0,10 – 0,20		0,20 – 0,30		0,30 – 0,40	
Escarificação do solo (ES)	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
ESC 0	1,49 a	1,58 a	1,83 a	1,75 a	1,81 a	1,78 a	1,57 a	1,73 a
ESC 15	1,43 a	1,67 a	1,76 a	1,76 a	1,78 a	1,72 a	1,72 a	1,76 a
ESC 30	1,45 a	1,73 a	1,83 a	1,76 a	1,85 a	1,73 a	1,72 a	1,72 a
TESTE DE F								
ES	0,16 <sup>ns</sup>	4,78 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	1,41 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	3,30 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>
CV (ES)	8,26	3,65	3,77	1,84	2,70	5,20	4,78	4,75

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação. (%). ESC 0: sem escarificação, ESC 15: escarificação de 0,00 a 0,15 m e ESC 30: escarificação de 0,00 a 0,30 m.

**Tabela 4:** Porosidade total determinada do solo (Pt), antes e após a escarificação do solo, para as camadas de solo estudadas na área experimental em Petrolina, PE, Brasil

Fatores	Porosidade total determinada do solo ( $m^3\ m^{-3}$ )							
	Camadas do solo (m)							
	0,00 – 0,10		0,10 – 0,20		0,20 – 0,30		0,30 – 0,40	
Escarificação do solo (ES)	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
ESC 0	0,33 a	0,32 a	0,23 a	0,27 a	0,24 a	0,27 a	0,29 a	0,28 a
ESC 15	0,34 a	0,30 a	0,24 a	0,26 a	0,25 a	0,26 a	0,24 a	0,25 a
ESC 30	0,35 a	0,31 a	0,26 a	0,29 a	0,24 a	0,30 a	0,28 a	0,30 a
TESTE DE F								
ES	0,15 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	2,63 <sup>ns</sup>	1,67 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	5,85 <sup>ns</sup>	2,55 <sup>ns</sup>	3,52 <sup>ns</sup>
CV (ES)	11,75	8,09	8,05	6,47	7,93	5,80	9,47	8,54

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação. (%). ESC 0: sem escarificação, ESC 15: escarificação de 0,00 a 0,15 m e ESC 30: escarificação de 0,00 a 0,30 m.

Os valores de RP não diferiram estatisticamente para as três profundidades de escarificação, nas camadas de solo analisadas antes da escarificação (Tabela 5); entretanto, após a escarificação, a camada 0,00-0,10 m de profundidade apresentou RP significativa, enquanto para as demais camadas do solo não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos.

Para a camada 0,00-0,10 m, após a escarificação, observou-se maior valor estatístico de RP (1,41 MPa) na ESC 30 e o menor valor estatístico na ESC 15 (0,74 MPa) (Tabela 5), indicando que, para a remoção da RP na camada superficial, a escarificação de 0,00 a 0,15 m é mais eficiente do que de 0,00 a 0,30 m.

De maneira geral, observam-se, para a RP (Tabela 5), valores de coeficiente de variação (CV) alto e muito alto, evidenciando-se, portanto, a alta variabilidade espacial da RP (Ribon & Tavares Filho, 2008).

Dos atributos físicos do solo avaliados, a RP mostrou-se mais sensível às alterações ocasionadas pela escarificação, como foi também observado, por Lanzanova *et al.* (2007), em um Argissolo Vermelho-Amarelo, por causa da alta heterogeneidade nos dados.

### Altura de plantas e biomassa seca do capim elefante

Para a altura de plantas do capim elefante, obtiveram-se, aos 15, 45 e 60 dias após o corte (DAC), valores não significativos e, somente aos 30 DAC, valores significativos para as três profundidades de escarificação (Tabela 6).

Aos 30 DAC, observou-se que a ESC 15 obteve maior valor de altura (1,19 m), em comparação com a ESC 30, que teve o menor valor (0,87 m). Provavelmente, a menor altura do capim elefante na ESC 30 está associada à lixiviação dos adubos aplicados, principalmente por se tratar de solo de textura arenosa e com irrigação periódica (Andrade *et al.*, 2000).

Observa-se que os valores de biomassa seca, para as três profundidades de escarificação, nas duas épocas de coleta (30 e 60 DAC) não foram significativos (Tabela 6).

A ausência de diferenças estatísticas para biomassas secas pode ser explicada por meio da indiferença da RP, em subsuperfície; visto que os valores de umidade gravimétrica (Tabela 2) encontravam-se próximos, ou até acima, da capacidade de campo; o que resulta, conforme Lima *et al.* (2010), em uma menor influência da resistência física do solo sobre o sistema radicular, concordando, também com

**Tabela 5:** Resistência mecânica do solo à penetração (RP), antes e após a escarificação do solo, para as camadas de solo estudadas na área experimental, em Petrolina, PE, Brasil

Fatores	Resistência mecânica do solo à penetração (MPa)							
	Camadas do solo (m)							
	0,00 – 0,10		0,10 – 0,20		0,20 – 0,30		0,30 – 0,40	
Escarificação do solo (ES)	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
ESC 0	1,41 a	1,24 ab	2,25 a	2,59 a	3,09 a	2,59 a	3,44 a	3,44 a
ESC 15	1,24 a	0,74 b	2,42 a	2,08 a	2,93 a	2,09 a	3,43 a	2,93 a
ESC 30	1,75 a	1,41 a	3,27 a	2,09 a	2,92 a	2,25 a	2,92 a	3,10 a
TESTE DE F								
ES	1,00 <sup>ns</sup>	5,52 <sup>*</sup>	1,75 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>
CV (ES)	35,30	26,36	30,98	31,22	18,17	45,93	26,48	31,25

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação (%). ESC 0: sem escarificação, ESC 15: escarificação de 0,00 a 0,15 m e ESC 30: escarificação de 0,00 a 0,30 m.

**Tabela 6:** Altura e biomassa seca do capim elefante (*Pennisetum purpureum*), após escarificação da área experimental, em Petrolina, PE, Brasil

Fatores	Altura (m)				Biomassa seca (Mg ha <sup>-1</sup> )	
	15 DAC	30 DAC	45 DAC	60 DAC	30 DAC	60 DAC
ESC 0	0,55 a	1,01 ab	1,37 a	1,86 a	2,92 a	9,31 a
ESC 15	0,52 a	1,19 a	1,65 a	2,05 a	3,51 a	9,43 a
ESC 30	0,61 a	0,87 b	1,45 a	1,73 a	2,13 a	11,77 a
TESTE DE F						
ES	4,03 <sup>ns</sup>	7,47 <sup>*</sup>	1,30 <sup>ns</sup>	3,04 <sup>ns</sup>	2,98 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>
CV (ES)	7,98	11,35	16,69	9,58	27,89	28,55

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação (%); DAC: dias após o corte. ESC 0: sem escarificação, ESC 15: escarificação de 0,00 a 0,15 m e ESC 30: escarificação de 0,00 a 0,30 m. DAC: dias após o corte.

Silva *et al.* (2004), os quais afirmam que a variável RP é dependente da umidade do solo.

Entretanto, verificou-se maior acúmulo de biomassa seca para a ESC 30 (aumento de aproximadamente 25%), seguido pelo acúmulo para ESC 15 e ESC 0. Segundo Nicoloso *et al.* (2008), esse acúmulo de biomassa seca na ESC 30 pode ser atribuído às melhorias das condições físicas do solo após a escarificação e à maior decomposição da matéria orgânica do solo.

## CONCLUSÕES

Não se verificaram alterações nas propriedades físicas do solo, densidade e porosidade total do solo, para os tratamentos sem escarificação, escarificação de 0,00 a 0,15 m e escarificação de 0,00 a 0,30 m.

A escarificação de 0,0 a 0,15 m foi mais eficiente em diminuir o valor da resistência à penetração, na camada de 0,00 a 0,10 m, do que a escarificação de 0,00-0,30 m. A resistência à penetração mostrou ser o atributo físico do solo mais sensível para determinação da compactação.

As profundidades de escarificação do solo não afetaram os atributos agrônômicos do capim elefante.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Capes.

## REFERÊNCIAS

Amaral FCS, Silva EF & Melo AS (2006) Caracterização pedológica e estudos de infiltração da água no solo em perímetros irrigados no Vale do São Francisco. Rio de Janeiro, Embrapa Solos. 104p.

Andrade AC, Fonseca DM, Gomide JÁ, Alvarez V VH, Martins CE & Souza DPH (2000) Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29:1595-2000.

Brasil. Ministério da Agricultura. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. Recife, Sudene, 1973. 354p. (Boletim Técnico, 26)

Camargo AO, Moniz AC, Jorge JA & Valadares JMAS (1986) Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, Instituto Agronômico. 94p. (Boletim Técnico, 106).

Colet MJ, Sverzut CB, Weirich Neto PH & Souza ZM (2009) Alteração em atributos físicos de um solo sob pastagem após escarificação. *Ciência e Agrotecnologia*, 33:361-368.

Cortez JW, Alves ADS, Moura RD, Olszewski N & Nagahama HJ (2011) Atributos físicos do Argissolo amarelo do semiárido nordestino sob sistemas de preparo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:1207-1216.

Debiasi H, Levien R, Trein CR, Conte O & Kamimura KM (2010) Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45:603-612.

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1997) Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análise do solo. Rio de Janeiro, Embrapa. 212p.

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2006) Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, Embrapa. 370p.

Evans SD, Lindstrom MJ, Voorhees WB, Moncrief JF & Nelson GA (1996) Effect of subsoiling and subsequent tillage on soil bulk density, soil moisture and corn yield. *Soil and Tillage Research*, 38:35-46.

Lanzanova ME, Nicoloso RS, Lovato T, Eltz FLF, Amado TJC & Reinert DJ (2007) Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:1131-1140.

Leão PCS & Soares JM (2000) A viticultura no semi-árido brasileiro. Petrolina, Embrapa Semi-árido. 366p.

Lima CLR, Reinert DJ, Reichert JM & Suzuki LEAS (2010) Produtividade de culturas e resistência à penetração de Argissolo Vermelho sob diferentes manejos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45:89-98.

Magalhães EM, Oliveira GC, Severiano EC, Costa KAP & Castro MB (2009) Recuperação estrutural e produção de capim-tifton 85 em um Argissolo Vermelho-Amarelo compactado. *Ciência Animal Brasileira*, 10:68-76.

Matias SSR, Borba JA, Ticelli M, Panosso AR & Camara FT (2009) Atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes usos. *Revista Ciência Agronômica*, 40:331-338.

Monteiro IJG, Abreu JG, Cabral LS, Ribeiro MD & Reis RHP (2011) Silagem de capim elefante aditivada com produtos alternativos. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 33:347-352.

Nicoloso RS, Amado TJC, Schneider S, Lanzanova ME, Girardello VC & Bragagnolo J (2008) Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um Latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, 32:1723-1734.

Pignataro Netto IT, Kato E & Goedert WJ (2009) Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:1441-1448.

Pimentel-Gomes F (2000) Curso de estatística experimental. 14ª ed. Piracicaba, Degaspari. 477p.

Prando MB, Olibone D, Olibone APE & Rosolem CA (2010) Infiltração de água no solo sob escarificação e rotação de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34:693-700.

Ribon AA & Tavares Filho J (2008) Estimativa da resistência mecânica à penetração de um Latossolo Vermelho sob cultura perene no norte do Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:1817-1825.

Silva VR, Reichert JM & Reinert DJ (2004) Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em plantio direto. *Ciência Rural*, 34:399-406.

Silveira DC, Melo Filho JF, Sacramento JAA, Silveira ECP (2010) Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo Distrocoeso no Recôncavo da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34:659-667.

Stolf R (1991) Fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em força/unidade de área. In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Piracicaba. Anais, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.823-836.

Stolf R, Fernandes J & Furlani Neto V (1983) Penetrômetro de impacto – modelo IAA/Planalsucar-Stolf. *Stab*, 1:18-23.