

---

## ATRIBUTOS FÍSICOS DE SOLOS SOB A CONSORCIAÇÃO GRAMÍNEAS-LEGUMINOSAS NO NORTE DO ESTADO DO TOCANTINS

João Vidal de Negreiros Neto<sup>1</sup>, Antonio Clementino dos Santos<sup>2</sup>, Perlon Maia dos Santos<sup>3</sup>, Thiago Martins dos Santos<sup>4</sup>, Ana Flávia Gouveia de Faria<sup>4</sup>

### RESUMO

O manejo de solo tem como objetivo melhorar as condições químicas, físicas, biológicas e promover condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas. O experimento foi conduzido na Fazenda da Escola de Medicina Veterinária – UFT, utilizando-se duas classes de solos (Neossolo Quartzarênico Órtico típico - RQo e Argissolo Vermelho Eutroférico - PVef), com o objetivo de avaliar o efeito da consorciação gramínea-leguminosa na qualidade dos solos, mediante a quantificação de alguns atributos físicos. Os tratamentos corresponderam a quatro gramíneas e duas leguminosas plantadas isoladamente e em consórcio: capim Marandu (*Brachiaria brizantha* cv Marandu), MG-5 (*B. brizantha* cv MG-5), Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq cv Tanzânia) e Mombaça (*P. maximum* Jacq cv Mombaça), *Stylosanthes* Campo Grande (*Stylosanthes. capitata* + *S. macrocephala* cv Campo Grande) e *Stylosanthes* Mineirão (*S. guianensis* cv Mineirão). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 14 tratamentos e quatro repetições em duas áreas experimentais. Foram avaliadas a umidade, densidades (do solo e de partículas), porosidade total e resistência à penetração (RP). No Neossolo houve aumento na RP, com a redução da porosidade e no Argissolo não houve correlação negativa com a porosidade. No Neossolo a densidade respondeu positivamente aos tratamentos, em relação ao início do experimento. Os capins Tanzânia e Mombaça consorciados com Campo Grande foram os que mais reduziram a compactação em Neossolo. No Argissolo, Marandu plantado isoladamente e em consórcio com o Mineirão apresentaram menores valores de RP. Os valores de RP nos dois solos estiveram próximos apenas nas camadas de 0 a 10 cm e 50 a 60 cm, sendo que nas demais profundidades o Argissolo apresentou maiores valores de resistência à penetração.

**Palavras-chave:** Compactação, densidade, porosidade

### ABSTRACT

#### PHYSICAL ATTRIBUTES OF SOIL UNDER LEGUME-GRASS CONSORTIUM IN NORTHERN TOCANTINS STATE, BRAZIL

The aim of soil management is to improve the chemical, physical and biological attributes to allow for optimum crop development. The experiment was done in two classes of soil (Entisol and Oxisol), at the school of Veterinary Medicine and animal husbandry of Tocantins Federal University. The objective of the work was to evaluate the effect of legume-grass consortium on soil quality determined by quantifying the physical attributes. The soils were planted to either of the following four grass and two legume crops, either alone or in consortium: *Brachiaria brizantha* cv Marandu, or cv MG-5, *Panicum maximum* Jacq cv Tanzânia or Mombaça, *Stylosanthes. capitata* + *S. macrocephala* cv Campo Grande, and *S. guianensis* cv Mineirão. The experiment was laid in completely randomized design with 14 treatments in four replications, in two separate experimental areas. Soil moisture, density, porosity and soil resistance to penetration (RP) were determined. In Entisol soil RP increased with concurrent decrease in porosity, while in Oxisol no negative correlation with porosity was found. In Entisol the response of density relative to the initial values was positive to the treatments. The grass pasture crop Tanzânia or Mombaça, consorted with *Stylosanthes capitata* + *S. macrocephala* reduced compaction in Entisol. In Oxisol Marandu grass planted alone or consorted with *S. guianensis* had smallest RP values. The RP values in two soils are similar only to the depth of 0 to 10 cm and 50 to 60 cm, while at other depths Oxisol soil showed higher resistance to penetration.

**Keywords:** compaction, density, porosity

---

Recebido para publicação em 18/09/2009. Aprovado em 16/11/2009

1- Prof. MSc. Assistente/UFT - joao\_vidal@hotmail.com

2- Prof. Adjunto III – Universidade Federal do Tocantins , Bolsista CNPq – clementino@uft.edu.br

3- Mestrando pela Universidade Federal do Tocantins, Bolsista CNPq - perllon\_zoo@yahoo.com.br

4- Zootecnista pela UFT – Mestrando pela UNESP-Jaboticabal

## INTRODUÇÃO

A persistência das pastagens é determinada por fatores relacionados ao clima, ao solo e à espécie cultivada. Limitações na produtividade das pastagens podem estar relacionadas ao grau de fertilidade do solo e à ocorrência de Al e Mn em níveis tóxicos (HAAG & DECHEN, 1996). No entanto, atributos físicos do solo favoráveis ao crescimento do sistema radicular são necessários para a obtenção e manutenção de elevadas produtividades. A busca pela elevada produtividade e melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo faz com que sejam necessários estudos que avaliem os diversos sistemas de manejo (ALVES & SUZUKI, 2004; LAURINDO *et al.*, 2009).

Os espaços porosos são importantes não só para a movimentação da água e dos gases como também para a redução da resistência à penetração das raízes. A compactação do solo reduz a infiltração de água aumentando o risco de erosão e de déficits hídricos e nutricionais das plantas (ROSOLEM *et al.*, 1994).

As pastagens com gramíneas que compõem o cerrado representam mais de 75% do total e sofrem declínio na produtividade após 4 a 10 anos de pastejo (MACEDO, 1995), devido, principalmente, a altas taxas de lotação (ZIMMER & CORREIA, 1993) e do baixo emprego de adubação de manutenção (OLIVEIRA *et al.*, 1997), contribuindo com o aumento da compactação do solo pela pressão exercida pelo pisoteio dos animais.

Para evitar a compactação ou para minimizá-la, a diminuição das operações agrícolas, por si só, não é condição suficiente. São necessárias rotações de culturas envolvendo espécies que produzam grande quantidade de massa para a cobertura do solo e que, principalmente, possuam sistema radicular profundo e com grande volume, capaz de promover canais, diminuindo, assim, a compactação (CARDOSO *et al.*, 2003).

O aporte de resíduos culturais das plantas

**Quadro 1.** Propriedades químicas e físicas (0 – 20 cm) iniciais dos solos (Neossolo Quartzarênico Órtico e Argissolo Vermelho Escuro Eutroférico) no início do experimento.

pH	M.O	P(Mel.)	K	Ca	Ca+Mg	Al	H+Al	Textura (%)			Classe Textural
								Argila	Silte	Areia	
CaCl <sub>2</sub>	%	mg dm <sup>-3</sup>		— cmol dm <sup>-3</sup> (mE 100ml <sup>-1</sup> ) —				— % —			
						RQo					
4,2	1,4	2,25	0,05	0,4	1,2	0,2	2,2	9,0	4,0	87,0	Areia
						PVef					
5,2	9,0	1,8	0,25	7,5	10,8	0,0	2,1	31,0	8,0	61,0	FrArgAr

FrArgAr: franco argilo arenoso; RQo – Neossolo Quartzarênico Órtico típico; PVef – Argissolo Vermelho Eutroférico

de cobertura, incluindo o seu sistema radicular, constitui-se numa alternativa eficiente e de baixo custo, resultando em melhor estruturação no solo (SANTOS *et al.*, 2008). Dessa forma, ao contrário do que ocorre com o uso de subsoladores, as plantas descompactadoras podem proporcionar rompimento mais uniforme da camada compactada, além de contribuírem para a melhoria do estado de agregação do solo (CAMARGO & ALLEONI, 1997). Quando as raízes que penetram em camadas compactadas se decompõem, elas deixam canais que podem melhorar o movimento da água e a difusão dos gases no perfil do solo, além de servirem de caminhos para a penetração radicular de culturas subsequentes (BARLEY, 1954; CRUZ *et al.*, 2003).

Espécies de cobertura com capacidade de romper camadas compactadas do solo vêm assumindo importância na região de cerrado, devido à ampliação da fronteira agrícola e pecuária. No entanto, estudos são necessários para o conhecimento da capacidade de crescimento de sistema radicular da maioria dessas espécies em camadas compactadas de solo. Com base no exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar alguns atributos físicos de solos sob consorciação gramíneas-leguminosas no norte do Estado do Tocantins.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área de Neossolo Quartzarênico Órtico típico (Lat 07°06'14,8" Long 48°11'15,2") e outra de Argissolo Vermelho Eutroférico típico (Lat 07°05'45,8" Long 48°12'19,0") a uma altitude em relação ao nível do mar de 254 e 251 m, respectivamente, localizadas na fazenda da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia/UFT do *campus* de Araguaína, no período de 10 de dezembro de 2006 a 10 de março de 2007. O Quadro 1 apresenta algumas físicas e químicas dos solos estudados.

A região apresenta clima tipo Aw (quente e úmido) de acordo com Köppen, com temperatura média

de 28°C e precipitação média de 1800 mm anuais. Durante o período experimental a precipitação pluviométrica foi de 854,7 mm e a umidade relativa média do ar foi de 86,15%. O experimento foi desenvolvido em duas áreas experimentais, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 14 tratamentos e quatro repetições (cada unidade experimental de 20 m<sup>2</sup> - 4 x 5 m).

Foram utilizadas duas áreas com solos distintos (Neossolo Quartzarênico Órtico típico e Argissolo Vermelho Eutroférico). Foram empregadas seis espécies forrageiras, sendo duas leguminosas: *Stylosanthes capitata* + *S. macrocephala* que formam o cv Campo Grande e *S. guianensis* cv Mineirão e quatro espécies de gramíneas: *Brachiaria brizantha* cv Marandú, *B. brizantha* cv MG-5, *Panicum maximum* Jacq cv Tanzânia e *P. maximum* cv Mombaça (Quadro 2).

A semeadura foi realizada no dia 10 de dezembro de 2006. As gramíneas apresentaram 32% de valor cultural, em uma taxa de semeadura de 2,8 kg SPV (sementes puras viáveis) ha<sup>-1</sup>, conforme recomendação de VIEIRA & KICHEL (1995). A descrição dos tratamentos está apresentada no Quadro 3, sendo que foram aplicados no Neossolo Quartzarênico e no Argissolo Vermelho.

O preparo convencional do solo foi realizado com a aplicação de 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em fundação e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura. Ao final de 85 dias na área de Neossolo Quartzarênico foram coletadas amostras de solo nos diferentes sistemas de cultivo para a determinação da densidade do solo, da umidade e da porosidade total

do solo pelo método do anel volumétrico, seguindo-se metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

No Argissolo Vermelho Eutroférico, no mesmo período, foram coletados torrões de solo indeformados para o cálculo de densidade do solo, da densidade de partículas, da umidade e da porosidade total do solo pelo método do torrão parafinado (Embrapa, 1997). No mesmo período de coleta foram realizadas as medidas de resistência à penetração (RP) do solo (MPa), com um penetrômetro de anel dinamométrico em escala de peso (Kgf) e depois convertido para MPa, pela relação com a área da base do cone metálico na extremidade da haste que entra em contato com o solo. As coletas de torrões e medidas de RP foram realizadas em seis profundidades: 0-10 cm; 10-20 cm; 20-30 cm; 30-40 cm; 40-50 cm e 50-60 cm.

Os atributos do solo foram avaliados, inicialmente, por meio de estatística descritiva. A análise de variância (ANOVA) foi realizada para comparar as médias de RP, densidade do solo, porosidade total, em seis profundidades (SAS, 1985). As médias foram comparadas aplicando-se o teste de Tukey ao nível de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios, máximos, mínimos e os desvios padrões da porosidade total, da densidade e da umidade do Neossolo Quartzarênico e do Argissolo Vermelho estão sumarizados no Quadro 3. Analisando-se os resultados de acordo com a profundidade do solo e por meio da amplitude,

**Quadro 2.** Descrição dos tratamentos aplicados na área de Neossolo Quartzarênico Órtico típico e na área de Argissolo Vermelho Eutroférico<sup>3</sup>

Tratamento	Descrição do Tratamento
T <sub>1</sub>	Estilosantes Campo Grande
T <sub>2</sub>	Estilosantes Mineirão
T <sub>3</sub>	Braquiária Marandu
T <sub>4</sub>	Braquiária MG-5
T <sub>5</sub>	Capim Tanzânia
T <sub>6</sub>	Capim Mombaça
T <sub>7</sub>	Braquiária Marandu + Estilosantes Campo Grande
T <sub>8</sub>	Braquiária MG-5 + Estilosantes Campo Grande
T <sub>9</sub>	Capim Tanzânia + Estilosantes Campo Grande
T <sub>10</sub>	Capim Mombaça + Estilosantes Campo Grande
T <sub>11</sub>	Braquiária Marandu + Estilosantes Mineirão
T <sub>12</sub>	Braquiária MG-5 + Estilosantes Mineirão
T <sub>13</sub>	Capim Tanzânia + Estilosantes Mineirão
T <sub>14</sub>	Capim Mombaça + Estilosantes Mineirão

**Quadro 3.** Análise descritiva dos parâmetros físicos para o Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) e o Argissolo Vermelho Eutroférrico (PVef)

Profundidade (cm)	(RQo)											
	Porosidade				Densidade do solo				Umidade			
	X	DP	M	Mi	X	DP	M	Mi	X	DP	M	Mi
	-----m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----				-----Mg m <sup>-3</sup> -----				-----m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----			
0-10	42,86	2,94	49,65	37,21	1,49	0,08	1,63	1,31	1,05	0,42	2,20	0,40
10-20	40,80	4,57	57,80	35,02	1,54	0,12	1,69	1,10	1,59	0,53	2,76	0,36
20-30	43,17	6,94	60,27	29,36	1,48	0,18	1,84	1,03	1,80	0,56	2,96	0,83
30-40	40,85	5,58	56,54	29,36	1,54	0,15	1,84	1,13	2,05	0,71	3,76	0,86
40-50	42,48	5,25	54,14	31,32	1,50	0,14	1,79	1,19	2,15	0,71	3,83	1,02
50-60	42,69	4,96	55,63	35,24	1,49	0,13	1,68	1,15	2,22	0,71	3,90	1,09
0-60	42,14	5,21	60,27	29,36	1,50	0,14	1,84	1,03	1,81	0,73	3,90	0,36

Profundidade (cm)	(PVef)											
	Porosidade				Densidade				Umidade			
	X	DP	M	Mi	X	DP	M	Mi	X	DP	M	Mi
	-----m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----				-----Mg m <sup>-3</sup> -----				-----m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----			
0-10	47,85	9,15	68,77	29,13	1,36	0,24	1,84	0,81	2,45	1,09	4,86	0,45
10-20	43,52	8,22	65,58	21,22	1,47	0,21	2,05	0,90	3,39	1,71	7,72	0,38
20-30	42,24	7,98	58,46	25,73	1,50	0,21	1,93	1,08	3,77	2,32	9,30	0,57
30-40	39,04	8,19	59,04	25,27	1,59	0,21	1,94	1,07	3,96	2,41	8,94	0,70
40-50	42,90	9,59	61,71	10,27	1,48	0,25	2,33	1,00	4,44	3,30	12,70	0,67
50-60	43,84	10,33	60,10	12,23	1,46	0,27	2,28	1,04	3,73	2,97	13,63	0,47
0-60	43,23	9,24	68,77	10,27	1,48	0,24	2,33	0,81	3,62	2,47	13,63	0,38

X: média; DP: desvio padrão; M: máximo; Mi, mínimo

observa-se que os tratamentos estudados influenciaram nos caracteres avaliados.

A porosidade média do Argissolo Vermelho foi maior nas camadas mais superficiais (0-10 cm e 10-20 cm), conforme se observa no Quadro 3. Todos os valores máximos exceto na camada de 20-30 cm foram maiores no Argissolo Vermelho, em comparação com o Neossolo Quartzarênico, contudo todos os valores mínimos de porosidade do solo foram maiores no Neossolo em detrimento do Argissolo. As maiores amplitudes, indicadas pelos desvios-padrão, foram observadas no Argissolo, pois a possibilidade deste solo de se comprimir em presença de água é maior.

Os valores de densidade dos solos (Quadro 3) indicam a relação inversa com a porosidade, de modo que quanto maior a densidade do solo, menor a porosidade. Tais valores mostram que a densidade média do Neossolo estudado só foi menor na camada de 20-30 cm. Significa, portanto, que o Argissolo por apresentar limites mais extremos de porosidade, densidade e umidade em relação ao Neossolo, estando mais susceptível à compactação, se trata de um solo que requer maiores cuidados no manejo.

O Neossolo é pedogeneticamente pouco desenvolvido e apresenta grande quantidade de frações grosseiras na sua composição. A presença dessas frações grosseiras aumenta o volume de

espaços vazios entre as partículas, o que reduz a densidade e permite a formação de canais e fissuras (SAUER & LONGSDON, 2002). As Figuras 1a e 1b descrevem o comportamento das densidades do solo na fase inicial do experimento (Dsi) e após o término do período experimental (Dsf) ao longo do perfil do Neossolo e do Argissolo.

A densidade no Neossolo foi afetada positivamente pelo cultivo de plantas forrageiras que trouxe maior uniformidade em todos os horizontes estudados, se comparados à densidade verificada no início do experimento. As operações agrícolas de preparo inicial do solo podem ter influenciado no aumento da densidade do solo nas profundidades de 30 a 40 cm. Contudo, de 0 a 30 cm as plantas forrageiras proporcionaram efeito positivo, reduzindo a da densidade do solo.

No Argissolo, as plantas forrageiras apenas tiveram influência nos primeiros 10 cm, com a redução da densidade do solo. No entanto, não conseguiram diminuí-la nos 50 cm finais. Como as operações de preparo do solo deram-se no período chuvoso, portanto, com maior umidade no solo, os seus efeitos foram notados ao final do experimento. Os resultados do comportamento da densidade do solo estão de acordo com aqueles apresentados por Tormena et al. (2002) e Hill & Cruse (1985), em que o solo sob preparo convencional poderia drenar mais

rapidamente do que aquele com menor intensidade de mobilização e influenciar temporalmente a disponibilidade de água às plantas.

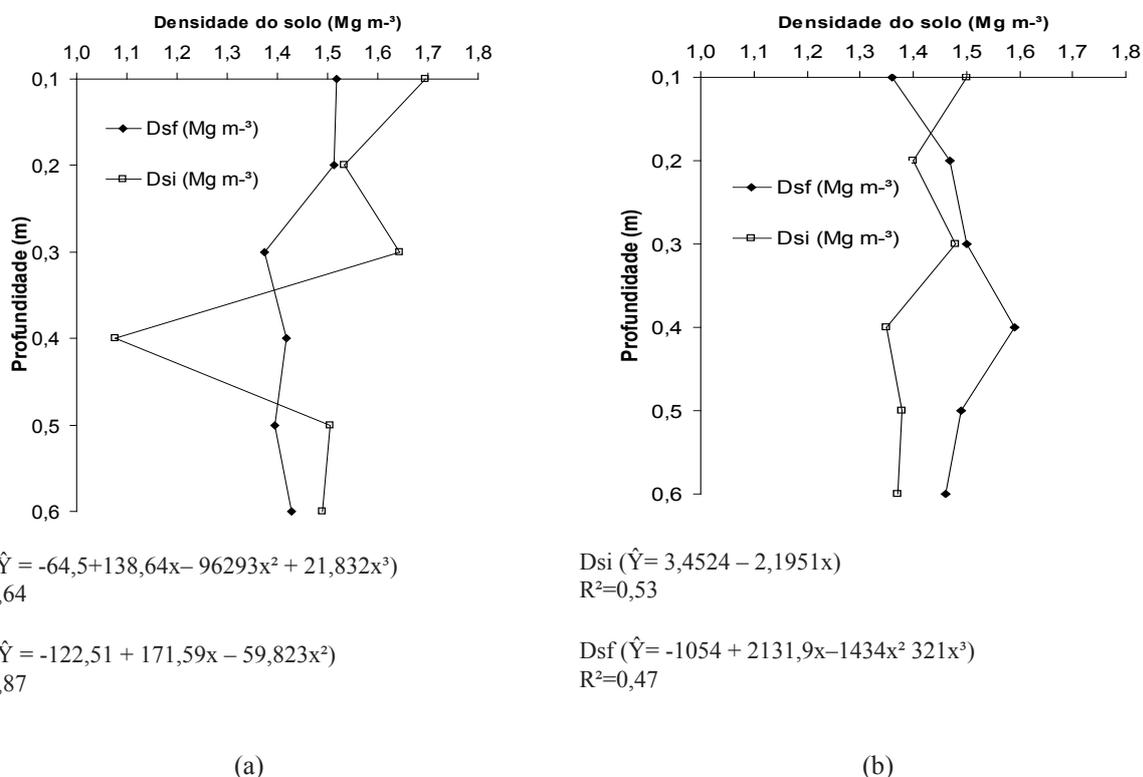
As culturas forrageiras, com seus sistemas radiculares peculiares interferem nos atributos do solo. Observa-se nas Figuras 2 e 3 a resistência do solo à penetração (RP) para as quatro gramíneas estudadas, em plantio solteiro e consorciado com as leguminosas, em Neossolo e Argissolo. Nos trabalhos de compactação do solo, os valores de RP acima de 2,0 MPa têm sido adotados como impeditivos ao crescimento do sistema radicular das plantas (TAYLOR et al., 1966; SILVA et al., 1994; TARDIEU, 1994). Mas para CARANACHE (1990) esse valor é de 2,5 MPa.

O capim Marandu em plantio isolado em Neossolo (Figura 2a) apresentou RP nos primeiros centímetros de solo próximo aos valores de RP de plantio consorciado, o que indica uma baixa influência da consorciação sobre este atributo físico do Neossolo, nas camadas superficiais. No entanto, o coeficiente de variação (Quadro 4) entre os tratamentos na camada de 20 a 30 cm foi de 26,25% e de 30 a 40 cm foi de 24,97%, com valores maiores do *Brachiaria* Marandu, mostrando o efeito da consorciação sobre a compactação do solo e

indicando que o sistema radicular das leguminosas é mais profundo.

Os tratamentos com a *brachiaria* MG-5 (Figura 2b) apresentaram comportamento diferente do Marandu, uma vez que, em média, a gramínea plantada isoladamente apresentou valores de RP abaixo dos valores do MG-5 consorciado, e com coeficiente de variação de 27,40% e 20,70% nas profundidades de 10 a 20 cm e 20 a 30 cm, respectivamente. A consorciação não contribuiu para a melhoria da compactação do solo, contrariando os resultados de Neves Junior (2005), em que a pastagem em sucessão a leguminosa, na camada de 20-30 cm fez reduzir os valores de RP.

Os capins Tanzânia e Mombaça (Figuras 2c e 2d) com valores e comportamentos das curvas intermediários, quando plantados isoladamente, apresentaram coeficientes de variação médios distantes (14,26% para o Tanzânia e 22,16% para o Mombaça), uma vez que há um afastamento maior nos valores de RP nos tratamentos com o capim Mombaça. Mombaça consorciado com Campo Grande apresentou menor valor de compactação do solo, o que não foi observado no tratamento Mombaça consorciado com Mineirão, e no Tanzânia plantado com as duas leguminosas. Houve



**Figura 1.** Densidade do solo média (Dsi: antes do experimento; Dsf: após o experimento) em perfil de Neossolo Quartzarênico Órtico típico (a) e Argissolo Vermelho Eutroférico (b). Dsi: densidade do solo inicial; Dsf: densidade do solo final.

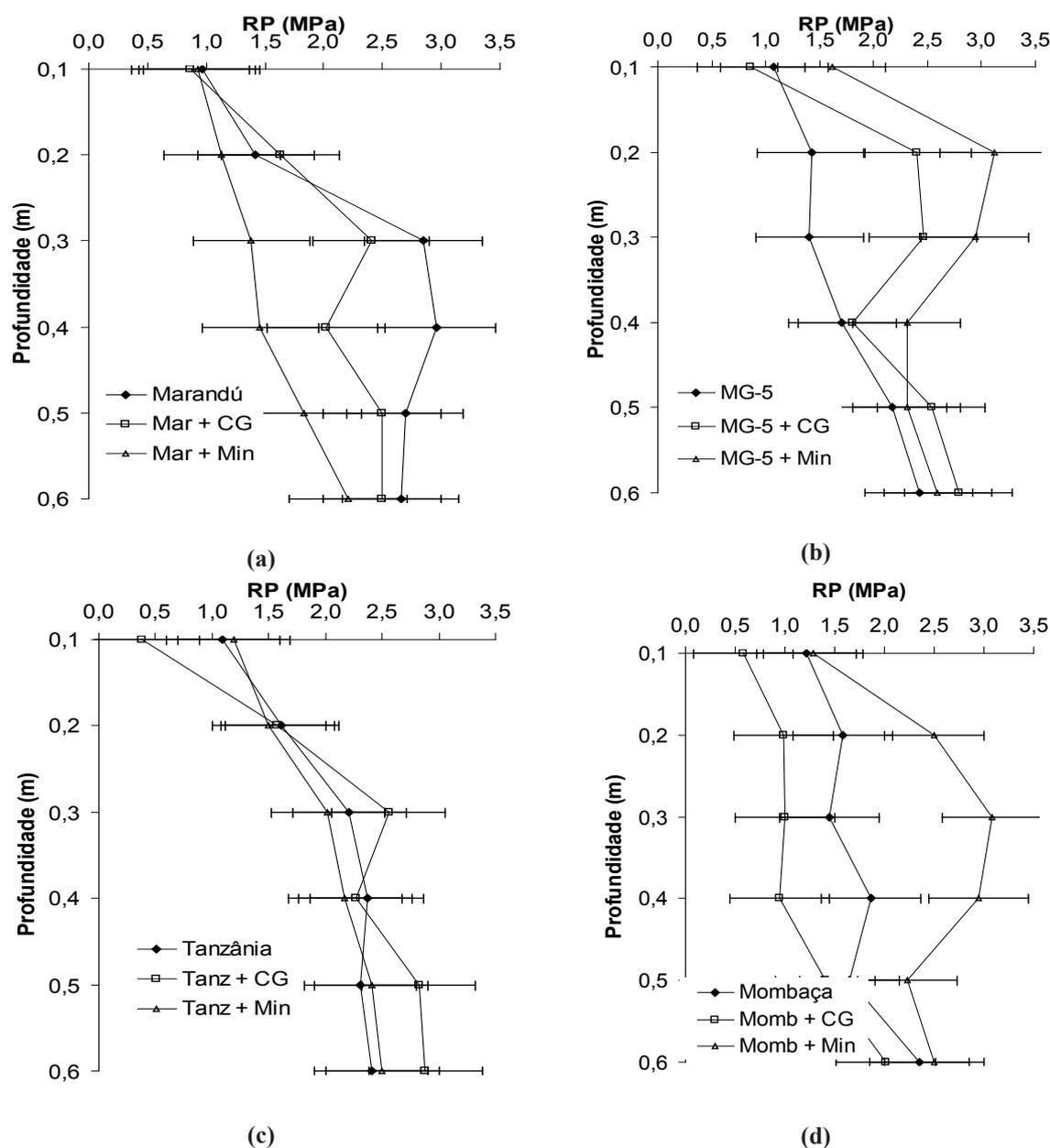
diferença significativa entre Mombaça consorciado com Mineirão e Mombaça e entre Mombaça mais Mineirão e Mombaça mais Campo Grande nas camadas de 30-40 cm e 40-50 cm.

De acordo com a Figura 3a, observa-se na camada mais superficial do solo um elevado coeficiente de variação (40,59%), dado na Tabela 4, entre os valores de RP para os tratamentos envolvendo o capim Marandu em Argissolo. Na primeira e segunda camada, a consorciação entre o

capim Marandu e o Estilosantes Campo Grande não influenciou positivamente na compactação do solo.

Os valores de RP em Argissolo apresentados na Figura 4b indicam a pequena influência da *Brachiaria* MG-5 plantada isoladamente sobre a compactação do solo. Já os capins Tanzânia e Mombaça, quando plantados isoladamente (Figuras 3c e 3d), contribuíram com a redução dos valores de RP em Argissolo, nas camadas superficiais do solo.

Esses resultados parecem corroborar com a



**Figura 2.** Resistência à penetração sob diferentes sistemas de uso em função da profundidade em Neossolo Quartzarênico Órtico. As barras indicam os valores do erro padrão da média e a sobreposição destas denota a ausência de diferenças entre as médias dos tratamentos. (RP: Resistência do Solo à Penetração; Mar: *B. brizantha* cv Marandú; MG-5: *B. brizantha* cv MG-5; Tanz: *P. maximum* cv Tanzânia; Momb: *P. maximum* cv Mombaça; CG: *S. capitata* + *S. macrocephala* cv Campo Grande; Min: *S. guianensis* cv Mineirão).

**Quadro 4.** Coeficiente de Variação da Resistência à Penetração dos capins Marandu, MG-5, Tanzânia e Mombaça solteiro e consorciado em Neossolo e Argissolo.5

Coeficiente de Variação entre os tratamentos (%)							
Neossolo Quartzarênico							
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	Média
Marandu	16,14	11,47	26,25	24,97	13,34	7,24	16,57
MG-5	12,47	27,40	20,70	15,05	10,18	5,11	15,15
Tanzânia	29,23	20,44	12,72	11,93	7,52	3,71	14,26
Mombaça	26,10	21,05	28,74	28,43	20,67	7,98	22,16
Argissolo Vermelho							
Marandu	40,59	16,59	28,08	25,14	20,38	10,22	23,50
MG-5	25,66	23,46	20,60	14,56	18,05	19,00	20,22
Tanzânia	27,95	31,46	17,71	12,00	6,07	17,29	18,75
Mombaça	26,62	33,24	5,67	10,81	9,84	2,97	14,86

afirmativa de que há uma supressão das leguminosas do gênero *Stylosantes* por parte dos capins do gênero *Panicum*. As consorciações entre gramíneas forrageiras e o *Estilosantes* Mineirão causaram efeito positivo na resistência que o Argissolo oferece à penetração na maioria dos tratamentos, se comparados com os plantios solteiros e as consorciações com o *Estilosantes* Campo Grande, mostrando-se, dessa forma, mais eficientes em descompactar solos com elevados teores de argila. Esses resultados são semelhantes, em parte, com os de Medeiros et al. (1987), para quem a rotação de culturas com leguminosas e gramíneas constitui um sistema capaz de promover recuperação e conservação dos solos fisicamente degradados. Para tanto, são necessários alguns anos de pesquisa para se verificar tais efeitos. Só houve diferença ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos Marandu consorciado com Campo Grande e Marandu e entre o Marandu consorciado com Campo Grande e Marandu consorciado com Mineirão, nas duas primeiras camadas de solo analisadas (Figura 3a), isso quando os tratamentos foram analisados por grupos de gramíneas.

Na comparação entre os dois solos estudados, a RP média do Argissolo foi maior que a RP média do Neossolo em todas as camadas estudadas exceto na camada de 50 a 60 cm (Figura 4). Warnaars & Eavis (1972) encontraram resultados semelhantes avaliando a elongação do sistema radicular, comparando a textura dos solos. A RP depende da distribuição do tamanho e do formato das partículas, mineralogia da argila, conteúdo de óxidos amorfos, conteúdo de matéria orgânica e composição química da solução do solo (GERARD, 1965; BYRD & CASSEL, 1980).

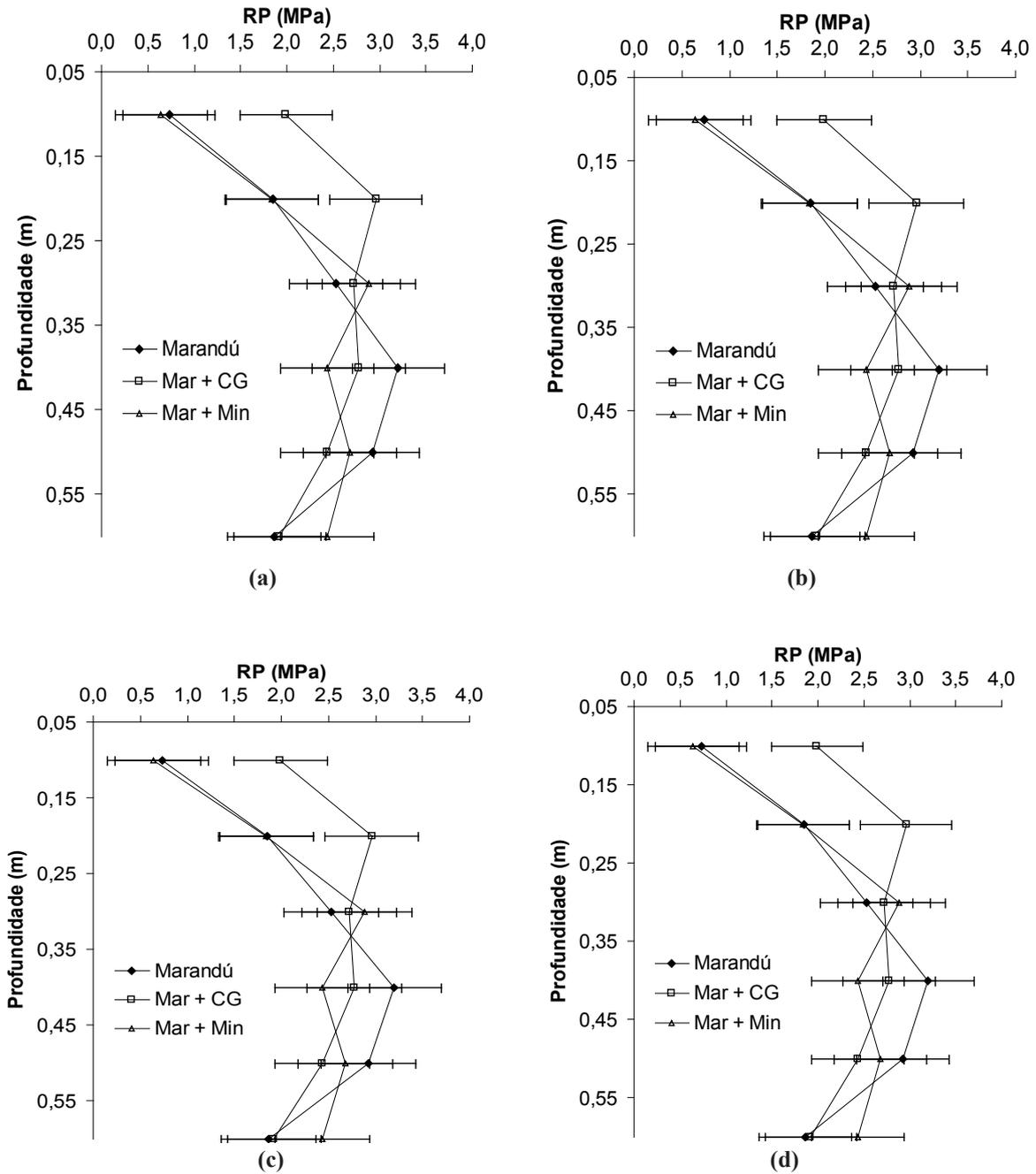
Os valores médios de RP em Neossolo e

Argissolo estão presentes na Figura 4, com maiores compactação no Argissolo, nas profundidades de 10 a 20 cm, 20 a 30 cm, 30 a 40 cm e 40 a 50 cm, ficando as demais profundidades com valores próximos entre os dois solos. A camada superficial de ambos os solos estudados apresentou valores semelhantes de RP.

No início do experimento estes solos vinham de históricos de ausência de plantios ou outro tipo de uso do solo. Isso pode ter influenciado tais resultados. Além do mais, o horizonte que fica entre 0 e 10 cm apresenta teores elevados de matéria orgânica nas condições naturais, o que, notadamente, conferem ao solo aumento na estabilidade dos agregados, retendo, também, parte do teor de água do solo, reduzindo, assim, a sua compactação. Outro fator que influenciou na menor compactação da camada mais superficial, é que o Argissolo apresenta, naturalmente, uma menor macroporosidade, além da baixa permeabilidade, própria destes solos. Em ambos os solos os valores de RP aumentaram com a profundidade, devido à influência da região da rizosfera que favorece a redução da compactação do solo, pelo grande volume de macroporos e microporos.

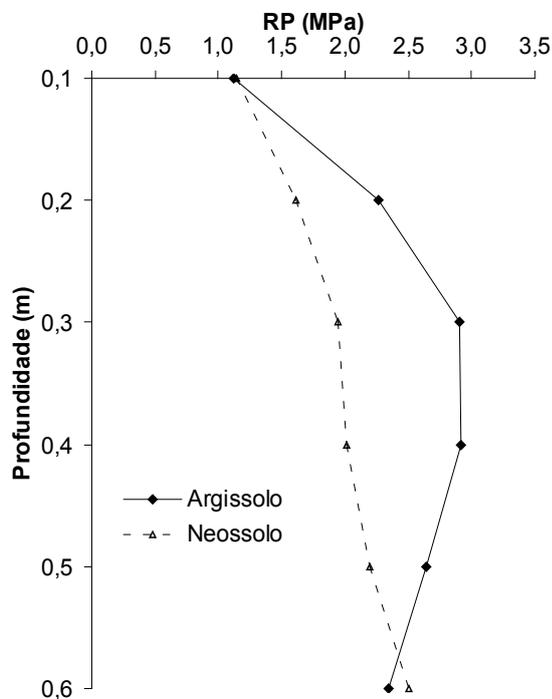
A curva de RP do Argissolo apresenta um maior desvio para direita, com valores se elevando mais que os valores de RP do Neossolo, até a camada de 40 a 50 cm. Este aumento está relacionado à redução do volume de raízes que se desenvolvem nas camadas abaixo de 20 cm de profundidade. No entanto, esta condição mesmo sendo dada aos dois solos estudados, no Argissolo o volume de macroporos é menor do que no Neossolo.

Devido ao seu alto poder de coesão, os solos argilosos desenvolvem níveis de RP geralmente altos (Mielke et al., 1994). Tal tendência foi verificada em



**Figura 3.** Resistência à penetração sob diferentes sistemas de uso em função da profundidade em Argissolo Vermelho Eutroférrico. As barras indicam os valores do erro padrão da média e a sobreposição destas denota a ausência de diferenças entre as médias dos tratamentos. (RP: resistência do solo à penetração; Mar: *B. brizantha* cv Marandú; MG-5: *B. brizantha* cv MG-5; Tanz: *P. maximum* cv Tanzânia; Momb: *P. maximum* cv Mombaça; CG: *S. capitata* + *S. macrocephala* cv Campo Grande; Min: *S. guianensis* cv Mineirão).

um trabalho desenvolvido por Ayers & Perumpral (1982), no qual determinaram que a máxima RP de um solo com 100 % de argila, densidade aparente de  $2 \text{ gcm}^{-3}$  e teor de água em torno de 10 % em peso, foi de 12 MPa. Entretanto, um solo composto somente por partículas de areia com 6 % de umidade, teve uma máxima RP de 0,05 MPa.



**Figura 4.** Resistência do solo à Penetração em função da profundidade em Argissolo Vermelho (CV=22,75%) e Neossolo Quartzarênico (CV = 22,09%) sob consorciação gramínea-leguminosa. (RP: Resistência do solo à penetração; CV: coeficiente de variação).

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- A densidade foi reduzida em Neossolo, após a implantação de culturas forrageiras. No Argissolo houve elevação da densidade a partir da camada 10-20 cm;
- Nas camadas superficiais do Neossolo, a *Brachiaria Marandu* não foi diferente significativamente dos tratamentos da *Brachiaria* consorciada com *Estilosantes* Campo Grande e *Mineirão*, embora o efeito da consorciação tenha sido observado nas demais camadas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – pelas bolsas concedidas. Ao Centro Tecnológico em Bovinocultura de Corte e Leite/MCT/FAPTO/UFT pelo apoio financeiro recebidos para execução deste trabalho.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

ALVES, M.C.; SUZUKI, L.E.A.S. Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v.26, n.1, p.27-34, 2004.

AYERS, P.D.; PERUMPRAL, J.V. Moisture and density effect on cone index. **Trans. ASAE** v.25, p.1169-1172, 1982.

BARLEY, K.P. Effect of root growth and decay on the permeability of a synthetic sandy loam. **Soil Science**, Baltimore, v.78, n.2, p.205-10, 1954.

BYRD, C.W.; CASSEL, D.K. The effect of sand content up cone index and selected physical properties. **Soil Science**, Baltimore, v. 129, p. 197-204, 1980.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132p.

CARANACHE, A. Penetr – a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.16, p.51-60, 1990.

CARDOSO, E.G.; ZOTARELLI, L.; PICCININ, J.; TORRES, J. Distribuição do sistema radicular da cultura da soja em função do manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CD-ROM.

CRUZ, A.C.R.; PAULETTO, E.A; FLORES, C.A; SILVA, J.B. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. Viçosa, v.27, n.6, p.1-5, 2003.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.
- GERARD, C.J. The influence of soil moisture, soils texture, drying conditions, and exchangeable cations and soil strength. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.29, p.641-645, 1965.
- HAAG, H.P.; DECHEN, A.R. Eficiências minerais em plantas forrageiras. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. de (Ed.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba : FEALQ, p.51-71, 1986.
- HILL, R.L.; CRUSE, R.M. Tillage effects on bulk density and soil strength of two Mollisols. **Soil Science Society of America Journal**, v. 49, p. 1270-1273, 1985.
- LAURINDO, M.C.O.; NÓBREGA, L.H.P.; PEREIRA, J.O.; DIRCEU, D.; LAURINDO, É.L. Atributos físicos do solo e teor de carbono orgânico em sistemas de plantio direto e cultivo mínimo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.17 n.5, 367-374, 2009.
- MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema cerrados: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS: PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, Brasília, DF, 1995. **Anais...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.28-62. 1995.
- MEDEIROS, J.C.; MIELNICZUK, J.; PEDÓ, F. Sistemas de culturas adaptadas a produtividade, recuperação e conservação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, p. 199-204, 1987.
- MIELKE, L.N.; POWERS, W.L.; BADRI, S.; JONES, A.J. Estimating soil water content from soil strength. **Soil Till. Res.** v.31, p.199-209. 1994.
- NEVES JUNIOR, A.F. **Avaliação da qualidade física de solos em pastagens degradadas da Amazônia**. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. 65 p, 2005.
- OLIVEIRA, O.C.; OLIVEIRA, I.P.; FERREIRA, E.; ALVES, B.J.R.; MIRANDA, C.H.B.; VILELA, L.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S. A baixa disponibilidade de nutrientes do solo como uma causa potencial da degradação de pastagens no cerrado brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., Ouro Preto, 1997. **Anais...** Viçosa, MG: SOBRAD/UFV, p.110-117. 1997. (Trabalhos voluntários).
- ROSOLEM, C.A.; VALE, L.S.R.; GRASSI FILHO, H.; MORAES, M.H. Sistema radicular e nutrição do milho em função da calagem e da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.491-7, 1994.
- SANTANA, D.P.; BAHIA FILHO, A.F.C. Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16. 1998, Montpellier. Montpellier: ISSS. **Anais...** 1998. CD-ROM.
- SANTOS, A.C.; SALCEDO, I.H.; GALVAO, S.R.S. Relações entre uso do solo, relevo e fertilidade do solo em escala de microbacia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.12, n.5, p.458-464, 2008.
- SAS. **User guide: Statistics**. 5th ed. Cary, NC: SAS Institute, 1985. 483p.
- SAUER, T.J.; LOGSDON, S.D. Hydraulic and physical properties of stony soils in a small watershed. **Soil Science Society of American Journal**, v.66, p. 1947-1956. 2002.
- SILVA, A. P.; KAY, B. D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range of soil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1775-1781, 1994.
- TARDIEU, F. Growth and functioning of roots and to root systems subjected to soil compaction: towards a system with multiple signaling. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.30, p.217-243, 1994.
- TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M.; PARKER, J.J. Soil strength-root penetration relations to coarse

textured materials. **Soil Science**, Baltimore, v.102, n.1, p.18-22, 1966.

TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S.; GONÇALVES, A.C.A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo Vermelho distrófico cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Sci. Agríc.**, v.59, p.795-801, 2002.

VIEIRA, J.M.; KICHEL, A.N. Estabelecimento e recuperação de pastagem de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 12.

Picaricaba, SP, 1995. **Anais...** Piracicaba; FEALQ, 1995. p.147-196

WARNAARS, B.C.; EAVIS, B.W. Soil physical conditions affecting seedling root growth. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.36, p.623-634, 1972.

ZIMMER, A.H.; CORREA, E.S. A pecuária nacional, uma pecuária de pasto? In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, 1., Nova Odessa, 1993. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, p. 1-25, 1993.