

Ano 6, Vol X, Número 1, Jun-Jul, 2013, Pág. 109-125.

ATRIBUTOS FÍSICOS E MATÉRIA ORGÂNICA EM SISTEMAS DE USO DO SOLO

Danielle do Socorro Nunes Campinas

Paulo Roberto da Silva Farias

Herdjania Veras de Lima

Danielle do Socorro Nunes Campinas

RESUMO – Os diferentes tipos de uso do solo, aliado as diversas técnicas de cultivo com mecanização provocam alterações nos atributos do solo, estas alterações podem ser de ordem física, química e biológica. O objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento das propriedades físicas do solo em três sistemas diferentes de uso da terra: Vegetação secundária, cultivo de laranja e área de pastagem abandonada, no município de Capitão-Poço, Nordeste Paraense. Os solos foram coletados com espaçamento entre amostras de 50x50m perpendiculares entre si totalizando 24 pontos, na profundidade de 0-7 cm. Em cada amostra foram macroporosidade, microporosidade, curva de retenção de água no solo e resistência a penetração. Os resultados indicam menores valores de densidade do solo e maiores valores de porosidade total, teor de matéria orgânica e retenção de água no solo na área de vegetação secundária. A área de cultivo sob citros apresentou a maior densidade do solo, e a menor quantidade de água disponível para as plantas, no entanto, ainda não restritivos fisicamente ao solo.

Palavras-chave: física do solo, carbono orgânico total e sistema de manejo

ABSTRACT –The different types of land use, coupled with the various techniques of cultivation with mechanized cause changes in soil properties, these changes can be physical, chemical and biological. The objective of this study was to analyze the physical properties of soil in three different systems of land use: Secondary vegetation, cultivation of citrus and pasture area abandoned in the town of Capitão Poço City, Northeast of Pará State. Soil samples were collected with samples of 50x50m spacing perpendicular totaling 24 points, at a depth of 0-7 cm. In each sample were determined bulk density, total porosity, macroporosity, microporosity, water retention curve and soil resistance to penetration. The results indicate lower values of bulk density and higher total porosity, organic matter content and water retention in the soil in the area of secondary vegetation. The area under citrus cultivation had the highest bulk density, and less water available to plants, however, does not restrict the groundphysically.

Keywords: soil physics, organic carbon and management system

INTRODUÇÃO

A transformação de áreas de vegetação natural em áreas de cultivo implica mudanças na estrutura e no funcionamento dos ecossistemas. As atividades antrópicas têm ocasionado alterações na paisagem da região amazônica, fato esse, que vem sendo motivo de discussões em diversos segmentos da sociedade, pois envolve a utilização

dos recursos naturais disponíveis, ocasionando na maioria das vezes a degradação desses espaços devido a forma em que tais recursos são geridos. A retirada da cobertura vegetal e o uso intenso de mecanização diminuem o tempo de vida útil de solos agricultáveis.

As alterações físicas dos atributos do solo podem ser ocasionadas por diversos fatores. Os mais comumente encontrados são as práticas de lavouras e, conseqüentemente, as práticas advindas da gestão relacionadas ao sistema de manejo. Fatores como a perda do solo por erosão, a redução da matéria orgânica e a compactação contribuem para a degradação física do solo (BLAINSKI et al., 2008). O efeito do manejo do solo nos atributos físicos é dependente da textura (COSTA et al., 2009), no entanto, a textura do solo é um atributo pouco modificável no tempo e pouco afetada pelo manejo, ela é dependente principalmente dos fatores de formação do solo.

Estudos constataam alterações nos atributos do solo ocasionados pelos diferentes sistemas de manejo do solo, desta forma, faz-se necessário o monitoramento dos solos em diferenciados sistemas como forma de preservação da qualidade do solo e melhoria da produção agrícola (FIALHO et al., 2008). Em sistema de pastagem, a textura do solo, a umidade e a quantidade de resíduos vegetais influenciam a compactação do solo (LANZANOVA et al., 2008). Em áreas de pastagem natural, pastagem degradada e floresta secundária, as áreas de pastagens apresentaram redução na qualidade do solo, como elevados valores de densidade do solo, redução de teor de matéria orgânica e na macroporosidade do solo, de acordo com os autores, o pisoteio dos animais favoreceu a compactação do solo nos dois sistemas de pastagens estudados (SANTOS et al., 2010). Estudos realizados por Machado et al. (2008) em diferentes sistemas de manejo, as maiores retenções ocorrem na ordem mata-pousio-cultivo. Esses autores também associam os resultados aos teores de C orgânico do solo. O aumento de matéria orgânica melhora a agregação, a capacidade de retenção de água, porosidade total e reduz a densidade e grau de compactação do solo (LEROY et al., 2008).

Em área cultivada com citros, as operações de manejo com adubações e pulverizações necessitam de intenso tráfego de equipamentos, podendo ocasionar compactação do solo, principalmente em locais determinados nas entrelinhas de plantio, em razão da distribuição do peso dos implementos pelos rodados (MINATEL et al., 2006). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento das propriedades físicas do solo em três sistemas diferentes de uso da terra: Vegetação secundária, Cultivo de laranja e Área de pastagem abandonada, no município de Capitão-Poço, Nordeste Paraense.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de Capitão Poço, nordeste do Estado do Pará. O município ocupa uma área de 2.899,540 km² (IBGE). Em geral o município apresenta solo do tipo Latossolo Amarelo, textura média (SILVA et al., 1999), clima tipo Am, segundo a classificação de Köppen, com os maiores índices de pluviosidade de janeiro a maio e os menores de agosto a novembro. O experimento foi conduzido na Fazenda Ornela, localizada entre as latitudes 01°43'20" e 01°44'10" S, e as longitudes 47°7'30" e 47°6'40" W, em três áreas experimentais:

1) Área constituída de vegetação secundária com 20 anos de idade; 2) Cultivo de laranja implantada há 7 anos, no qual se utiliza o processo de gradagem, roçagem e, quando necessária, ocorre a entrada de tratores com carretas e pulverizadores; e, 3) Área de pastagem abandonada há 10 anos.

Em cada sistema de manejo do solo selecionou-se uma área de 6 ha, na qual foram coletadas 24 amostras com estrutura deformadas e 24 amostras indeformadas na profundidade de 0-7cm. As amostras indeformadas foram coletadas com um trado e anel metálico de 100 cm³ (5cm de altura e diâmetro). Para a análise do carbono orgânico total e análise granulométrica as amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm, caracterizando terra fina seca ao ar (TFSA).

O carbono orgânico total do solo (COT) foi determinado pelo método de Walkley & Black (EMBRAPA, 1997). A análise granulométrica foi determinada pelo método da pipeta (GEE & BAUDER, 1986) (Quadro 1).

Quadro 1. Distribuição granulométrica do solo sob vegetação secundária, pastagem e citros.

Área	Argila	Areia	Silte	Classe Textural
	-----g kg ⁻¹ -----			
Veg. secundária	106	855	39	Franco-arenosa
Pastagem	261	663	76	Franco-argilo-arenosa
Citros	172	775	53	Franco-arenosa

Para a determinação da curva de retenção de água no solo as amostras indeformadas foram saturadas por meio da elevação gradual de uma lâmina de água, sendo submetidas aos potenciais: -0,001; -0,002; -0,003; -0,004; -0,005; -0,006; -0,007; -0,008; -0,009 e -0,01 MPa, em mesa de tensão, e -0,070; -0,1; -0,3 e -0,5 MPa em panela de pressão com placa porosa conforme Klute (1986), até atingir o ponto de cessamento da drenagem de água.

A determinação do conteúdo de água para o potencial de -1,5 Mpa foi realizada através do equipamento WP4 - Dewpoint Potential Meter (DECAGON DEVICE, 2000). Este equipamento mede o potencial de água retido no solo, quando ocorre o equilíbrio entre a pressão de vapor de saturação na amostra e a pressão do vapor do ar na câmara de leitura. Para tanto, utilizou-se amostra composta de TFSA, na qual pesaram-se 4g e foram colocadas em um cilindro inox de dimensões 11,49 mm de altura e 39,87 mm de diâmetro. O solo foi umedecido dentro do cilindro. Em seguida, o recipiente foi fechado com tampa plástica, permanecendo por 24h para que ocorra a redistribuição da água em toda a amostra.

Os dados de umidade do solo foram submetidos à análise de regressão e ajustados de acordo com van Genuchten (1980), com a restrição ($m = 1 - \frac{1}{n}$) conforme Mualen (1976) (Equação 1):

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{\left[1 + \alpha \psi\right]^m} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde θ é a umidade volumétrica do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$); θ_r a umidade volumétrica residual ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$); θ_s a umidade volumétrica de saturação ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$); ψ o potencial mátrico (MPa); α , m , n são os parâmetros empíricos do modelo.

Determinou-se ainda, com base nos parâmetros obtidos, o índice S, tangente à curva característica de água no solo no ponto de inflexão, segundo (DEXTER, 2004a), equação 2:

$$S = -n(\theta_{sat} - \theta_{res}) \left[1 + \frac{1}{m}\right]^{-(1+m)} \quad \text{Eq. (2)}$$

A porosidade total foi determinada a partir da relação entre densidade do solo e a densidade da partícula, assumindo a densidade da partícula igual a $2,65 \text{ Mg m}^{-3}$. O volume de microporos foi determinado pelo método da mesa de tensão, por meio da

determinação da curva de retenção de água no solo, na tensão de -0,006 MPa (EMBRAPA, 1997). O volume de macroporos foi calculado pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade. A densidade do solo foi determinada segundo Blake e Hartge (1986).

A resistência do solo à penetração de raízes (RP) foi determinada com o auxílio de um penetrômetro eletrônico, desenvolvido no Laboratório de Física do Solo da ESALQ/USP (Figueiredo et al., 2011), consistindo no deslocamento vertical de uma haste metálica cônica de área de base 0,1167 cm², semi-ângulo de 30° e velocidade de penetração 1,0 cm min⁻¹. Realizaram-se 240 leituras, com três repetições por amostra. As leituras realizadas foram enviadas para o computador através da célula de carga do penetrômetro, a qual forneceu leituras em kgf, sendo armazenadas em um arquivo com extensão txt. e, posteriormente, exportadas para o Excel, promovendo a transformação desta unidade para MPa. As cinco primeiras e as cinco últimas leituras foram descartadas, a fim de diminuir o erro experimental.

A curva de resistência do solo à penetração foi obtida pelo modelo não linear proposto por Busscher (1990), equação 3:

$$RP = a\theta^b Ds^c \quad \text{Eq.(3)}$$

Onde: RP é a resistência à penetração (MPa), θ é o conteúdo de água no solo (cm³cm⁻³), Ds é a densidade do solo (kg m⁻³). Os coeficientes *a*, *b*, e *c* são parâmetros do modelo.

A partir dos dados de resistência à penetração foi feita estimativas de RP em função densidade do solo (Ds) para valores de umidade nos potenciais mátricos referente à: capacidade de campo ($\psi = -0,01$ MPa) e correspondente ao limite a ser medido com tensiômetro em manejo ($\psi = -0,07$ MPa).

A análise estatística dos resultados consistiu de análise descritiva e análise de variância. Utilizou-se o teste de Tukey a 5% para comparação entre as médias dos atributos para as três áreas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os atributos estudados, a resistência do solo à penetração apresentou os maiores valores de coeficiente de variação em todos os sistemas de uso, indicando ampla variação dos dados de RP (Tabela2), podendo atribuir-se ao gradiente de umidade e densidade do solo, no qual este atributo está diretamente relacionado.

O uso de máquinas agrícolas na área cultivada com citros pode ter contribuído para maior densidade nesta área. Mesmo havendo alteração da densidade do solo em relação às demais áreas estudadas, os valores encontrados foram menores que o índice crítico do crescimento radicular de solos arenosos encontrados na literatura, que variam de 1,3 a 1,8 g cm⁻³, enquanto que para solos argilosos esta variação pode ir de 0,9 a 1,6 g cm⁻³ (CARVALHO et al., 2011).

Quadro2. Estatística descritiva para as variáveis, densidade do solo, umidade do solo e resistência à penetração, nas áreas sob vegetação secundária, pastagem e citros.

Variável*	Média	Mínimo	Máximo	DP	CV (%)
Vegetação secundária					
Ds (Mg m ⁻³)	1,49	1,36	1,54	0,05	3,11
θ (cm ³ cm ⁻³)	0,31	0,12	0,48	0,11	36,75
RP (MPa)	3,04	1,17	5,54	1,35	44,56
Pastagem					
Ds (Mg m ⁻³)	1,51	1,36	1,78	0,11	7,11
θ (cm ³ cm ⁻³)	0,28	0,12	0,42	0,10	36,83
RP (MPa)	4,86	0,88	8,75	2,81	57,87
Citros					
Ds (Mg m ⁻³)	1,55	1,40	1,67	0,07	4,31
θ (cm ³ cm ⁻³)	0,24	0,09	0,43	0,12	47,53
RP (MPa)	2,63	0,79	5,80	1,57	59,60

*Ds: densidade do solo; θ: umidade do solo; RP: resistência do solo à penetração; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

Os valores de densidade do solo na área de pastagem variaram de 1,36 a 1,78 Mg m^{-3} , tendo valor médio de 1,51 Mg m^{-3} (Quadro2). Estudos realizados por Marcolan & Anghinoni (2006), em área de pastagem nativa, no município de Eldorado do Sul (RS) em Argissolo Vermelho distrófico típico, textura franco-argilo-arenosa sob diferentes sistemas de manejo, a densidade do solo variou de 1,45 a 1,70 Mg m^{-3} , sendo considerada elevada pelos autores.

Os menores valores de densidade do solo correspondem ao solo sob vegetação secundária. Estes resultados foram atribuídos a ausência de ações antrópicas nesta área, outro fator importante é a influencia dos resíduos vegetais que amortecem o impacto da chuva mantendo o solo protegido.

A maior densidade do solo nessa área também pode ser explicada pela redução de matéria orgânica, ocasionada pelo tipo de manejo, quando comparado aos outros sistemas avaliados (Figura 1). O teor de matéria orgânica no solo sob plantio de laranja em termos de valores absolutos foi menor que a área do solo de pastagem e vegetação secundária, tendo média 17,48 g kg^{-1} , enquanto que a área de pasto e vegetação secundária obtiveram médias de 24,24 e 31,20 g kg^{-1} , respectivamente (Figura1). A matéria orgânica no solo sob vegetação secundária se diferem estatisticamente dos solos sob plantio de laranja, os maiores conteúdos de matéria orgânica nesta área relaciona-se ao aporte vegetal e à ausência de ação antrópica no período de 20 anos. O solo sob pastagem não apresentou diferenças estatísticas quando comparados ao solo sob plantio de laranja e vegetação secundária, fato este relacionado ao tempo de pousio do solo sob pastagem.

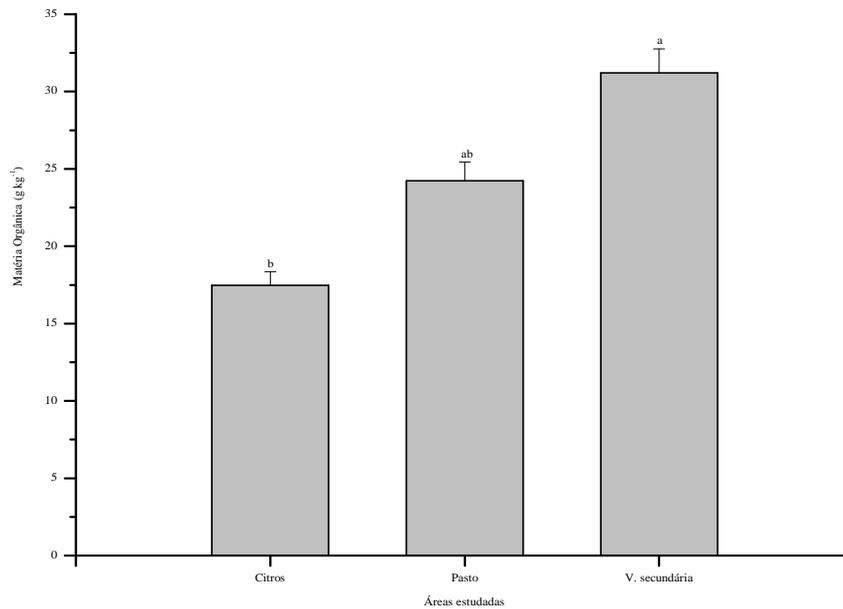


Figura 1. Teores médios de matéria orgânica no solo sob vegetação secundária, pastagem e citros. Médias seguidas de letras iguais entre tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O comportamento da retenção de água no solo foi diferenciado nos diversos sistemas de uso e manejo, indicando a influência destes no comportamento da água no solo em diferentes tensões (Figura 2).

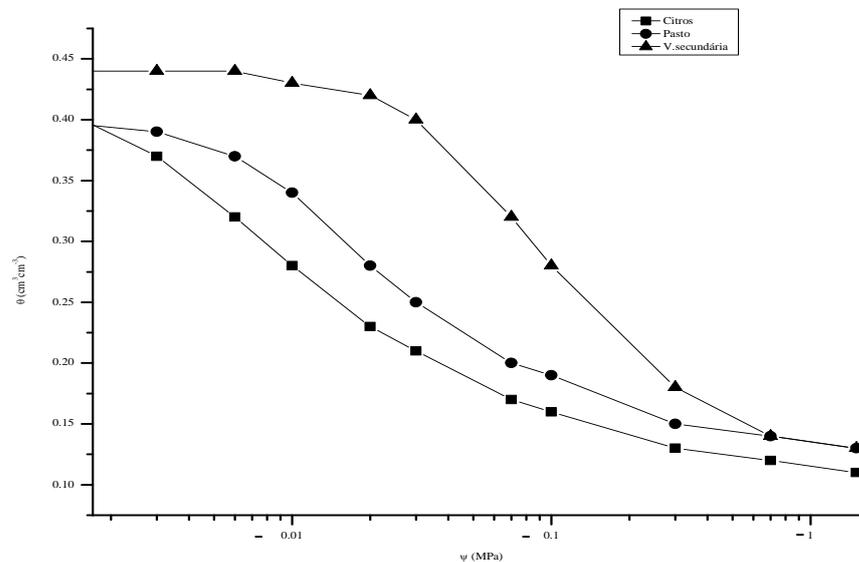


Figura 2. Curvas de retenção de água em solo sob vegetação secundária, pastagem e citros.

A matéria orgânica é um fator que pode ter influenciado diretamente a CRA. A área de vegetação secundária, apesar de apresentar textura franco-arenosa, obteve maior retenção de água tanto na capacidade de campo (-0,01 MPa) como no ponto de murcha permanente (-1,5MPa). Os maiores valores de umidade de saturação (θ_{sat}), assim como os maiores valores de umidade residual (θ_{res}) observados no solo sob vegetação secundária, condizem com o menor valor de densidade do solo e com os maiores conteúdos de matéria orgânica (Quadro 3).

Quadro 3. Parâmetros de ajuste da curva de retenção de água no solo usando o modelo hidráulico de van Genutchten (1980) em áreas sob vegetação secundária, pastagem e citros.

Áreas	θ_{sat}	θ_{res}	α	n	r^2
	-----cm ³ cm ⁻³ -----		MPa ⁻¹		
Veg. Secundária	0,4369	0,1159	0,0173	1,9626	0,9975
Pastagem	0,4054	0,1121	0,1060	1,5859	0,9666
Citros	0,4331	0,1003	0,2762	1,5325	0,9502

θ_{sat} : umidade de saturação; θ_{res} : umidade residual; α , n : parâmetros do modelo

Tal resposta associa-se ao fato da matéria orgânica atuar na estruturação de agregados do solo, possibilitando maior rearranjo dos poros, implicando na maior retenção de água. Resultados semelhantes foram encontrados em Latossolo Vermelho Distrófico, sob diferentes usos no município de Maringá (PR), no qual as maiores retenções ocorrem na ordem mata-pousio-cultivo (MACHADO et al., 2008). No entanto, outros autores observaram a maior retenção de água em solos com textura argilosa, e associaram os resultados às partículas coloidais, por obterem capacidade de adsorção de água (GIAROLA et al., 2002).

De acordo com os valores de índice S obtido (Figura 3), os três solos estudados apresentaram valores superiores a 0,035 que representa o nível crítico estabelecido por Dexter (2004) indicando boa qualidade física e estrutural, sendo que a área de vegetação secundária foi a área que apresentou maiores valores de “S” e o solo sob pastagem apresentaram os menores valores, sendo um indicativo de solo com a maior probabilidade de comprometimento da qualidade física.

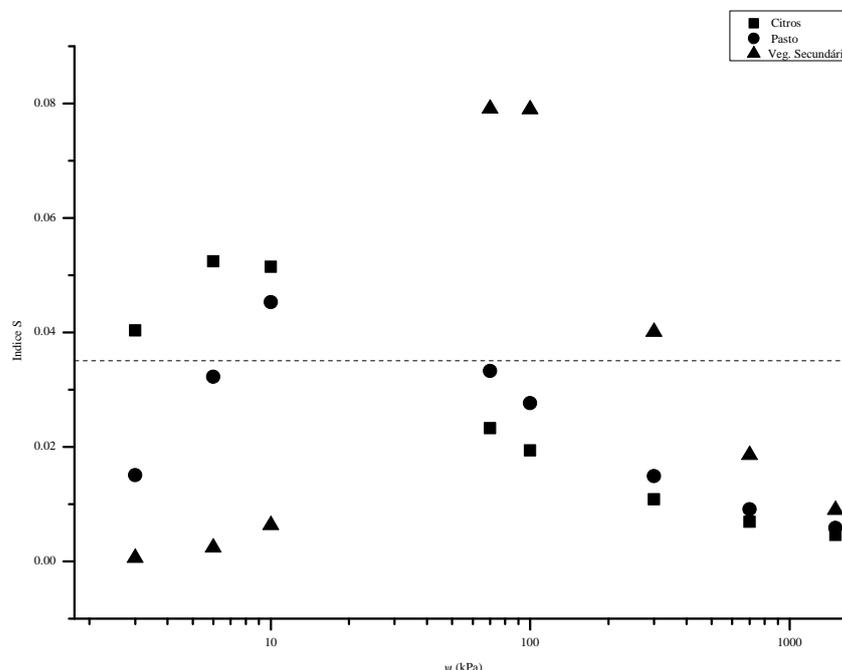


Figura 3: Valores de Índice S para os três solos estudados.

A capacidade de água disponível corresponde à diferença entre o conteúdo de água retido na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, tem importância significativa para o crescimento radicular, movimentação e absorção de nutrientes e consequentemente na produção das culturas (KLEIN et al., 2010). A menor quantidade de água disponível para as plantas ocorreu no solo sob citros, onde se observa a maior densidade do solo, sendo um indicativo da influencia do sistema de manejo. Os maiores valores de água disponível ocorrem no solo sob vegetação secundária, apesar desta área apresentar a maior retenção de água no solo (Quadro4).

Quadro 4. Valores médios da porosidade total, macroporos, microporos e água disponível (AD) em áreas sob vegetação secundária, pastagem e citros.

Área(0-7cm)	Porosidade total	Macroporos	Microporos	AD
	-----cm ³ cm ⁻³ -----			
Veg. Secundária	0,44	0,16	0,28	0,23
Pastagem	0,43	0,06	0,37	0,21
Citros	0,42	0,05	0,37	0,16

Dos três sistema de uso, o solo sob vegetação secundária apresentam maior macroporosidade e menor microporosidade (Quadro 4), fato este atribuído a ausência de ações antrópicas sob a área.

Os solos sob cultivo de laranja e pastagem apresentam comportamento semelhante de macro e microporos. A macroporosidade é um indicativo da capacidade de aeração do solo, o menores valores de macroporosidade nestas áreas indicam restrição à aeração do solo, podendo ocasionar maior restrição para o crescimento das plantas.

Os coeficientes obtidos no ajuste da resistência à penetração em função da umidade e da densidade do solo foram relacionados com ambas as variáveis para a profundidade avaliada, sendo influenciada negativamente pela umidade do solo e positivamente pela densidade do solo (Quadro 5), conforme tem sido amplamente constatado em outros estudos (LIMA et al., 2007; BLAINSKI et al., 2008). O modelo de ajuste dos dados explicou variação superior a 70% em todos os tipos de uso.

Quadro 5. Parâmetros do modelo de ajuste de resistência do solo à penetração e seu respectivo coeficiente de determinação (R^2) em áreas sob vegetação secundária, pastagem e citros.

Áreas	Parâmetros			R^2
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	
Veg. Secundária	0,3162	-1,1543	1,7711	0,76
Pastagem	0,3517	-1,2396	1,8291	0,73
Citros	0,1579	-1,2388	1,7412	0,78

Os valores do coeficiente *b* indicaram maior influência da perda de água no aumento da resistência à penetração na área de pasto e citros.

Os maiores valores do coeficiente *c* associado à densidade do solo foram observados em área de pastagem e citricultura. Estudos realizados por Blainski et al. (2008), os maiores valores deste coeficiente foram constatados na área cultivada com citros e culturas anuais, quando comparados a pastagem e mata nativa.

Assumindo-se o valor de 2,0 MPa como impeditivo para o crescimento das raízes (BLAINSKI et al., 2008), fez-se a partir do modelo, inferências a respeito da ocorrência de restrições em função da densidade do solo para conteúdos de água referentes aos potenciais -0,01MPa correspondente a capacidade de campo e -0,07 MPa correspondente a umidade medida com tensiômetro para cada tipo de sistema de manejo (Figura4).

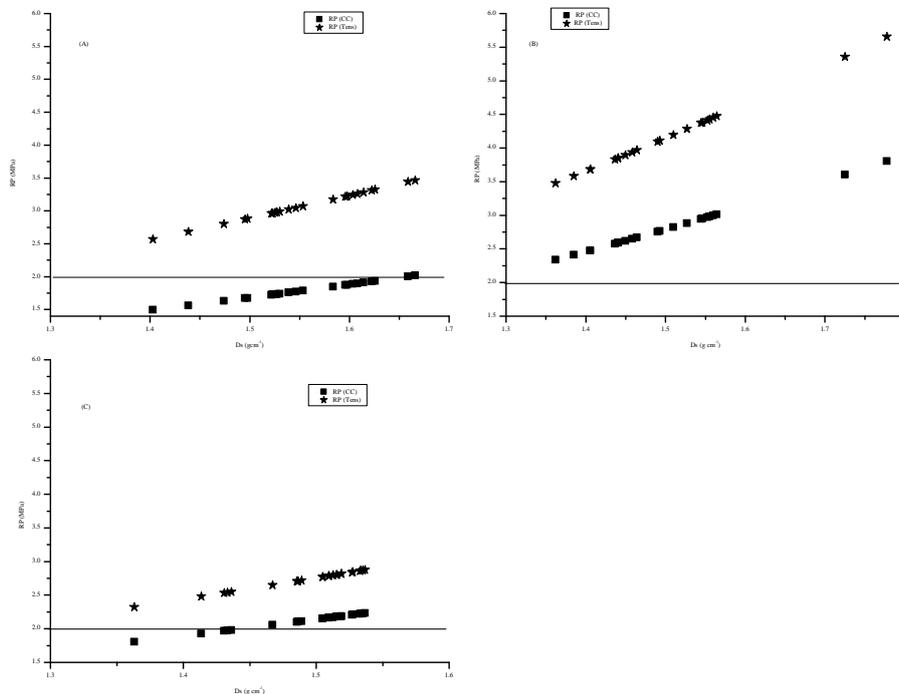


Figura 4: Resistência à penetração para os potenciais mátricos (ψ) de -0,01 e -0,07MPa, em função da densidade do solo (D_s) em áreas em áreas sob vegetação secundária (a), pastagem (b) e citros (c). As linhas horizontais correspondem a RP restritiva ao desenvolvimento radicular (2,0 MPa).

No solo cultivo de citros a ocorrência de $RP > 2\text{MPa}$ encontra-se restritiva para densidade do solo superior a 1,65 para θ equivalente a capacidade de campo. Estudos em área de citros, realizados por Blainski et al. (2008) considerando $RP > 2$ a limitação para plantas constitui-se de densidade superior a $1,75 \text{ Mg m}^{-3}$ para capacidade de campo. Já umidades potenciais $\psi -0,07 \text{ Mpa}$ a a RP torna-se restritiva para e valores de densidade superiores $1,4 \text{ Mg m}^{-3}$. Silveira et al. (2010), estudando argisolos amarelo distrocoeso, textura franco-arenosa, em área de citros e feijão-de-porco, no município de Governador Mangabeira, região do Recôncavo do Estado da Bahia, encontraram valores de RP superior a 2,5 MPa, já em condições elevadas de umidade, como na capacidade de campo.

O solo sob pastagem apresentou média de densidade do solo de $1,51 \text{ Mg m}^{-3}$ e $\text{RP} > 2 \text{ MPa}$ a partir da capacidade de campo, sendo influenciada pelas condições de exposição aos intempéries do solo em sistema de pousio, mostrando que o período de 10 anos não foi suficiente para a reestruturação do solo. (Figura 4b).

No solo sob vegetação secundária, não foi constatada a ocorrência de valores $\text{RP} > 2,0 \text{ MPa}$ sob θ equivalente a capacidade de campo. Para θ equivalente ao ψ de $-0,07 \text{ MPa}$ a densidade do solo passa a ser restritiva ao crescimento radicular com densidades a partir de $1,42 \text{ Mg m}^{-3}$.

Para valores de θ equivalente ao ψ de $-0,07 \text{ MPa}$ os três sistemas de manejo apresentaram $\text{RP} > 2 \text{ MPa}$

CONCLUSÃO

A retenção de água na área de vegetação secundária foi influenciada pelo teor de matéria orgânica.

Não houve diferenças significativas em algumas propriedades físicas entre os solos cultivado com citros e solo sob pastagem.

De acordo com o “índice S” todas as áreas apresentam boa qualidade física estrutural do solo, sendo a área sob pastagem considerada a que possui maior comprometimento dos atributos físicos do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis. 2.ed. Madison, *American Society of Agronomy*. p.363-375, 1986.

BLAINSKI, É.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; GUIMARÃES, R. M. L.; Quantificação da Degradação Física do Solo por Meio da Curva de Resistência do Solo À Penetração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:975-983, 2008.

BUSSCHER, W.J. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. *American Society of Agricultural Engineers*, 33: 519-524, 1990.

CARVALHO, L. A.; MEURER, I.; SILVA JUNIOR, C. A. DA; CAVALIERI, K. M. V.; SANTOS C. F. B.. Dependência espacial dos atributos físicos de três classes de solos cultivados com cana-de-açúcar sob colheita mecanizada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, p.940–949, 2011.

COSTA, A. DA; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, Á. L.; SILVA, F. R. da. Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração agricultura-pecuária. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33, 2:235-244, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro: *Embrapa*, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1997. 212p.

FIALHO, J. S. ; GOMES, V. F. F.; OLIVEIRA, T. S.DE, SILVA JÚNIOR, J. M. T.. Indicadores da qualidade do solo, em sistema de rotação, na Chapada do Apodi, Ceará. *Revista Ciência Agronômica*, p. 353-361, 2008.

FIGUEIREDO, G.C.; SILVA, A. P. DA.; TORMENA, C. A.; GIAROLA, N. F. B.; MORAES, S. O.; ALMEIDA, B. G. DE.; Improvement of a testing apparatus for dynamometry: procedures for penetrometry and influence of strain rate to quantify the tensile strength of soil aggregates. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, p.373-387, 2011.

GEE, G.W.; BAUDER, J.W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A. (Ed.). Methods of soil analysis. Physical and mineralogical methods. 2.ed. Madison: *American Society of Agronomy*, p.383-411, 1986.

GIAROLA, N.F.B.; SILVA, A.P. & IMHOFF, S. Relações entre propriedades físicas e características de solos da região sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26:885-893, 2002.

KLEIN, V. A.; BASEGGIO, M.; MADALOSSO, T.; MARCOLIN, C. D. Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com Psicrômetro. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.40, n.7, p.1550-1556, jul, 2010.

KLUTE, A. Water retention: Laboratory methods. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison, *American Society of Agronomy*, p.635-660, 1986.

LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T., ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C. & REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:1805-1816, 2008.

LIMA, C. L.R. de; REICHERT, J. M; REINERT, D. J.; . Densidade crítica ao crescimento de plantas considerando água disponível e resistência à penetração de um Argissolo Vermelho distrófico arênico. *Ciência Rural*, 37, 4:1166-1169, 2007.

LEROY, B.L.M., HERATH, H.M.S.K., SLEUTEL, S., DE NEVE, S., GABRIELS, D., REHEUL, D., MOENS, M. The quality of exogenous organic matter: short-term effects on soil physical properties and soil organic matter fractions. *Soil Use Manage.* 24, 139–147, 2008.

MACHADO, J.L; TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J.; SCAPIM, C.A; Inter-relações entre as propriedades físicas e os coeficientes da curva de retenção de água em um latossolo sob diferentes sistemas de uso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, p.495-502, 2008.

MARCOLAN, A. L & ANGHINONI, I. Atributos físicos de um argissolo e rendimento de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, p.163-170, 2006.

MINATEL, A.L.G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F. & NATALE, W. Efeitos da subsolagem e da adubação verde nas propriedades físicas do solo em pomar de citros. *Revista Engenharia Agrícola*, p.86-95, 2006.

MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resources Research*, p.13-522, 1976.

PETEAN, L. P.; TORMENA, C. A.; ALVES, S. J.; Intervalo hídrico ótimo de um latossolo vermelho distroférico sob plantio direto em sistema de integração lavoura-pecuária. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, p.1515-1526, 2010.

SANTOS, J. T. dos; ANDRADE, A. P. de; SILVA, I. F. da. Atributos físicos e químicos do solo de áreas sob pastejo na micro Região do Brejo Paraibano. *Ciência Rural*, p.2486-2492, 2010.

SILVA, B.N.R. da; SILVA, L.G.T.; ROCHA, A.MA, SAMPAIO, S.M.N. Interação biofísica e do uso da terra na dinâmica da paisagem do município de Capitão Poço-PA, em sistema de informação geográfica. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 42p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 10).

SILVEIRA, D. C.; MELO FILHO, J.M; SACRAMENTO, J.A.A.S.; Relação umidade versus resistência à penetração para um argissolo amarelo distrocoeso no Recôncavo da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, p.659-667, 2010.

VAN GENUCHTEN. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*. p.892-898, 1980.

Recebido em 4/4/2013. Aceito 20/6/2013.

Contatos:

Danielle do Socorro Nunes Campinas

Universidade Federal Rural da Amazônia
Universidade Federal Rural da Amazônia – Setor de Solos
Av. Pres. Tancredo Neves 2501 – Montese
66077-530 - Belém, PA - Brasil
daniellecampinas@yahoo.com.br

Paulo Roberto da Silva Farias

Universidade Federal Rural da Amazônia – Instituto de Ciências Agrárias, Departamento de Biologia Vegetal e Fitossanidade.
Av. Pres. Tancredo Neves 2501 – Montese
66077-530 - Belém, PA - Brasil
paulo.farias@ufra.edu.br

Herdjania Veras de Lima

Universidade Federal Rural da Amazônia – Setor de Solos
Av. Pres. Tancredo Neves 2501 – Montese
66077-530 - Belém, PA - Brasil
herdjanialima@ufra.edu.br

Autor Correspondente

Danielle do Socorro Nunes Campinas

Universidade Federal Rural da Amazônia – Setor de Solos
Av. Pres. Tancredo Neves 2501 – Montese
66077-530 - Belém, PA - Brasil
daniellecampinas@yahoo.com.br
Número telefone: 091. 3235 1794