



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DANIELLE DO SOCORRO NUNES CAMPINAS

**ATRIBUTOS FÍSICOS E MATÉRIA ORGÂNICA EM SISTEMAS DE USO DO
SOLO**

BELÉM
2012

ação



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DANIELLE DO SOCORRO NUNES CAMPINAS

**ATRIBUTOS FÍSICOS E MATÉRIA ORGÂNICA EM SISTEMAS DE USO DO
SOLO**

Biblioteca



22620019

BELÉM
2012

6.196
ed. 01



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DANIELLE DO SOCORRO NUNES CAMPINAS

**ATRIBUTOS FÍSICOS E MATÉRIA ORGÂNICA EM SISTEMAS DE USO DO
SOLO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre.

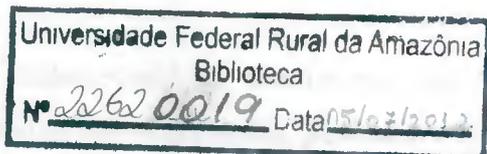
Orientador: Prof^o. Dr. Paulo Roberto da Silva Farias

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Herdjania Veras de Lima

BELÉM
2012

Dissertação
63 L. 43
C. 196
2.1

mc: 47914



Campinas, Danielle do Socorro Nunes

Atributos físicos e matéria orgânica em sistemas de uso do solo. / Danielle do Socorro Nunes Campinas. Belém, 2012.

30 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2012.

1. Física do Solo 2. Matéria orgânica 3. Solo - usoI. Título.

CDD – 631.43



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

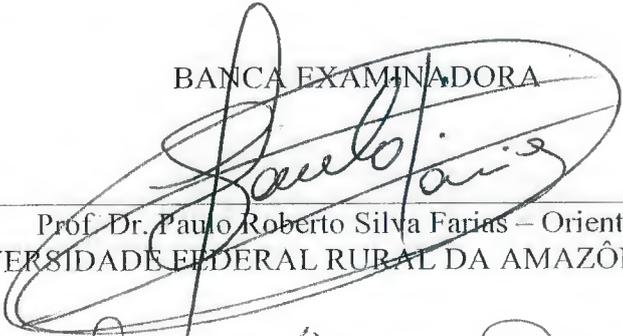
Universidade Federal Rural
da Amazônia
BIBLIOTECA

DANIELLE DO SOCORRO NUNES CAMPINAS

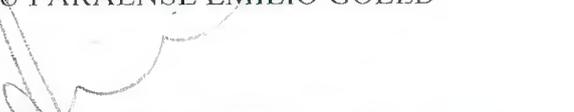
ATRIBUTOS FÍSICOS E MATÉRIA ORGÂNICA EM SISTEMAS DE USO DO
SOLO

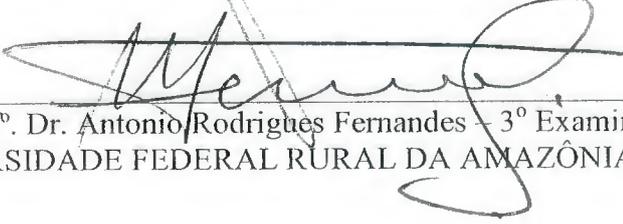
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Farias – Orientador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA


Pesq. Dra. Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo – 1º Examinador
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELD


Pesq. Dr. Jorge Luiz Piccinin – 2º Examinador
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELD


Prof. Dr. Antonio Rodrigues Fernandes – 3º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

DEDICO

A minha mãe Benedita Campinas, pelos
ensinamentos de vida e amor incondicional;

Ao meu pai João Batista Campinas (in memoriam);

As minhas irmãs: Helen, Tânia e Sheyla Campinas, pela união e torcida diária.

AGRADECIMENTOS

À Deus;

A UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Ao programa de pós-graduação em Agronomia, pela oportunidade de cursar o mestrado.

Ao Dr. Paulo Roberto da Silva Farias e a Dra. Herdjania Veras de Lima pela orientação.

Ao Sr. Arcidio Ornela, pela liberação da área para execução do trabalho;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Paulo Custodio, pelo companheirismo, apoio e incentivo durante todos esses anos de convivência;

Aos colegas do mestrado, em especial: Renata Lima, Lorena Chagas, Francisco Aldenir, Gleyciane Mascarenhas, Daniel Oliveira, Kilma Lima, Katiane e Érika Freires, por todos os momentos vividos, compartilhando as dificuldades e alegrias;

Aos colegas Thaís Penha e Michel Sato, pela colaboração na etapa de campo;

Aos familiares, em especial ao cunhado Alcir Rodrigues pela revisão ortográfica;

A todos que de forma direta e indireta contribuíram para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

1	CONTEXTUALIZAÇÃO	7
2	REVISÃO DE LITERATURA	8
	2.1 USO DA TERRA	8
	2.2 PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO	9
	2.3 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO	12
	REFERÊNCIAS	13
3	ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA TERRA	
	RESUMO	16
	ABSTRACT	17
	3.1 INTRODUÇÃO	18
	3.2 MATERIAL E MÉTODOS	19
	3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
	3.4 CONCLUSÕES	28
	REFERÊNCIAS	29

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Em muitos territórios brasileiros ocorrem mosaicos com ocupação urbana e rural, o que torna complexas as relações e interesses humanos. Na Amazônia, em particular no estado do Pará, as alterações no ambiente vêm ocorrendo de forma intensa em algumas áreas críticas, esse processo ocorre principalmente por conta de atividades de exploração econômica. Nesse contexto, o município de Capitão-Poço tem sua economia centrada basicamente nas atividades agrícolas, extração madeireira, e pecuária extensiva. As culturas perenes e semiperenes são constituídas principalmente de fruticulturas, tais como: laranja, maracujá, banana e coco, sendo a laranja a cultura de maior expansão no município e representando 60% da produção desse fruto no estado do Pará.

Os diferentes tipos de uso do solo aliados às diversas técnicas de cultivo com mecanização têm provocado alterações nos atributos físicos do solo, influenciando diretamente no desenvolvimento e produtividade das culturas, alterando o equilíbrio dos recursos naturais e influenciando na dinâmica da água no solo. Muitas propriedades físicas têm sido utilizadas para quantificar as alterações provocadas pelos diferentes sistemas de manejo, ou até mesmo como indicadores de qualidade física do solo (NEVES et al., 2007).

As modificações dos atributos do solo ocorrem de acordo com o tipo de manejo e cultivo a qual este é submetido. Algumas propriedades se modificam em um período curto de tempo; outras podem ser modificadas ao longo do tempo, por meio do uso contínuo. Alguns parâmetros físicos do solo como densidade e porosidade, podem indicar problemas significativos de infiltração, drenagem, aeração e permeabilidade do solo. Este trabalho tem como hipótese a existência de alterações dos atributos físicos do solo em diferentes sistemas de uso da terra. Nessa perspectiva, o objetivo deste é analisar o comportamento das propriedades físicas do solo em três sistemas diferentes de uso da terra: vegetação secundária, cultivo de citros e Área de pastagem abandonada, no município de Capitão-Poço, Nordeste Paraense.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 USO DA TERRA

Entende-se por uso e cobertura da terra toda tipo de atividade que seja produtiva, não produtiva ou mesmo a cobertura da terra de uma determinada área, na qual refletem diretamente a forma pelas quais os recursos do espaço geográfico estão sendo apropriados por diferentes interesses econômicos, sociais, políticos e ecológicos (GUERRA et al., 2004). Historicamente, os padrões do uso do solo e da sua cobertura evoluíram a partir de características geológicas e das mudanças nos processos ecológicos por longos períodos de tempo. Atualmente, esses padrões representam não apenas o resultado da interação com elementos geoecológicos, mas também, dos impactos humanos diretos e indiretos ocorridos nos últimos (RENETZEDER et al., 2010; ERNOULT et al., 2006; ANTROP, 2005).

A retirada da cobertura vegetal natural e a utilização do solo levam a alterações em suas características, muitas vezes, promovendo alterações físicas, ou seja, apresentando elevados níveis de densidade e compactação. Nesse sentido, a manutenção da qualidade do solo passa a ser uma preocupação constante, no entanto, essa manutenção só é possível quando se entende como o uso antrópico altera efetivamente o solo.

Analisando a dinâmica do uso da terra em diferentes áreas do Nordeste Paraense, Vieira et al. (2003) verificaram que a unidade dominante na paisagem corresponde a formações denominadas genericamente de vegetação secundária (capoeira), em vários estágios de sucessão e com estrutura e densidade variáveis. Foi verificado que a dinâmica da cobertura vegetal nessa região tende a uma maior relação de uso e troca entre áreas de vegetação secundária mais nova para a classe de agricultura e pastagem. Os atributos físicos de qualidade do solo sofrem grande influência em função do uso e manejo a que são submetidos. Essas alterações ocorrem, principalmente, nas camadas mais superficiais, onde a compressão mecânica parece ser mais atuante (ARAÚJO et al., 2007).

2.2 PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

As propriedades físicas do solo influenciam diretamente na produtividade das culturas, por meio do desenvolvimento das plantas. Muitas dessas propriedades físicas têm sido utilizadas para quantificar as alterações provocadas pelos diferentes sistemas de manejo, ou até mesmo como indicadores da sua qualidade (NEVES et al., 2007). Entre as principais propriedades estudadas estão a granulometria, a densidade do solo; a porosidade do solo; a curva de resistência do solo a penetração de raízes e curva de retenção de água no solo.

Por apresentar elevada relação com a dinâmica da água no solo e com o processo de adubação e calagem, o conhecimento da distribuição granulométrica é fundamental no estudo da física do solo (SOUZA NETO et al., 2009), este atributo é uma propriedade intrínseca do solo e não modifica com o manejo, no entanto, é um atributo importante na definição do sistema de manejo.

A densidade do solo tem sido usada como um parâmetro importante de caracterização física da estrutura do solo e como um indicador de sua compactação. Corresponde à massa de solo seco, em um determinado volume, e é uma propriedade muito variável e dependente de outras propriedades, tais como a estrutura e compactação do solo. Tem sua variabilidade espacial altamente afetada pelo manejo agrícola, pelo tipo de solo e pela profundidade de amostragem (PIRES et al., 2011). A densidade do solo é influenciada por outros atributos, como a porosidade do solo e matéria orgânica, geralmente a densidade do solo tende a aumentar com a profundidade. Estudos avaliando mudanças nos atributos físicos e químicos do solo em área de floresta nativa secundária e pastagem na microrregião do Brejo Paraibano foram encontrados menores valores de densidade na área de floresta nativa, segundo os autores, por essa área encontrar-se em boas condições, com maior diversidade biológica e maior teor de matéria orgânica, na qual caracterizam como um fator responsável pelas boas condições físicas do solo (SANTOS et al., 2010).

A porosidade do solo refere-se ao espaço entre as partículas do solo, que consiste na fração do volume ocupado com solução e ar do solo, é dependente da textura e estrutura do solo, sendo um importante atributo nas características físicas, podendo ser considerado como um indicativo de um solo mais denso. Já solos arenosos possuem partículas maiores e menor volume total de poros, quando comparados aos de textura argilosa (KLEIN, 2005). Por possuírem inúmeros microporos, os solos argilosos possuem maior capacidade de retenção de

água. A porosidade divide-se em duas distintas denominações: os macroporos que tem diâmetro superior a 0,05 mm, e são responsáveis pela drenagem e aeração do solo, perdem água mais facilmente pela ação da gravidade. Já os microporos estão dispostos em forma de capilares contínuos de pequeno comprimento, que se dirigem em muitas direções diferentes, e por terem um diâmetro bem menor (abaixo de 0,05 mm) em relação aos macroporos, têm maior capacidade de resistir a perda de água (KLEIN; LIBARDI, 2002).

Estudos evidenciam que a porosidade total é inversamente proporcional à densidade do solo, ou seja, quanto maiores os valores para densidade do solo, menor será a porosidade total (ARAÚJO et al., 2007). Mendes et al. (2006) observaram maior porosidade em solos de floresta tropical, quando comparadas a outros tipos de sistemas. Resultados semelhantes encontraram Centurion et al. (2007), estudando as propriedades físicas em solos cultivados com cana-de-açúcar e sob mata nativa, no qual a mata nativa apresentou o maior volume de macroporos nas camadas de 0–0,10 e 0,20–0,30 m. Já na camada de 0,10–0,20 m, ela mostrou maior quantidade de macroporos, em relação aos outros sistemas cultivados. De acordo com estes autores, a maior macroporosidade observada na camada de 0-10 para a mata nativa se deve ao maior teor de matéria orgânica neste sistema, refletindo em melhorias na estruturação do solo; para as áreas de cultivo, provavelmente o tráfego de máquinas tenha provocado diminuição da macroporosidade abaixo desta camada.

Estudando um Argissolo Amarelo na Amazônia, Araújo et al. (2004) constataram menores valores de densidade do solo em mata nativa, na camada superficial (0-10 cm), quando comparados com áreas sob pastagem e detectaram comportamento inverso apresentado pela porosidade, sendo que a mata o ambiente com maior número de poros, como um indicativo de ambiente pouco perturbado e mais protegido das intempéries (sol, chuva e vento).

Em área de Cerrado nativo, avaliando a qualidade do solo sob diferentes usos, Araújo et al. (2007) encontraram valores mais altos para a densidade do solo e mais baixos para porosidade total foram registrados nas áreas sob pastagem plantada e cultivo convencional. Contudo, não foram observadas diferenças significativas entre as profundidades para uma mesma área, indicando que os efeitos do uso foram similares até a profundidade de 30 cm.

As características específicas de cada solo definem o conteúdo de água retido em determinada tensão e resultam da ação conjunta de vários fatores (BEUTLER et al., 2002). A capacidade de retenção de água indica a disponibilidade potencial de água para a cultura. É

também um bom indicador de transporte e erodibilidade, sendo favorecida pela distribuição em forma de poros que, tendo influência de outras propriedades, como textura e densidade do solo, e de teores de matéria orgânica no solo. As mudanças ocasionadas em uma dessas características poderão gerar alterações na retenção de umidade pelo solo. Os tipos de manejo podem alterar a capacidade de retenção de água do solo. Em área cultivada com citros, a retenção de água foi maior quando comparada à mata e ao cultivo de mandioca (PORTELA et al., 2001). No entanto, estudos realizados por Machado et al. (2008), as maiores retenções ocorrem na ordem mata-pousio-cultivo, estes autores, associam esses resultados aos teores de carbono orgânico do solo.

A compactação do solo é uma forma física da degradação do solo que altera a estrutura do solo, limita a infiltração de água e ar, e reduz a penetração da raiz no solo (NAWAZ et al., 2012). Uma das propriedades físicas do solo utilizadas para avaliar o grau de compactação do solo é a resistência do solo à penetração, (SINNETT, 2008), esta propriedade é influenciada pelos sistemas de preparo do solo e pelo conteúdo de água no solo. A resistência do solo à penetração geralmente aumenta com a compactação do solo; ou seja, é diretamente proporcional ao aumento da densidade e à redução da umidade do solo, sendo bastante restritiva ao crescimento das plantas, em função da redução do crescimento do sistema radicular (BENGHOUGH; MULLINS, 1990). De acordo com Bengough et al. (2011), esse atributo é essencial para a compreensão dos fatores que limitam o crescimento de raiz e em quais condições de água o solo está associado de forma a maximizar a produção de culturas.

Várias autores utilizam diferentes valores de RP estão sendo utilizados como impeditivos para crescimento de raízes, valores de $RP > 2\text{MPa}$ (LAPEN et al., 2004); $2,5\text{ MPa}$ em área de pastagem (CARDOSO et al., 2011) e $3,0\text{ MPa}$ em solos sob florestas (ZOU et al., 2000).

Estudos realizados por CARDOSO et al. (2011) avaliando as alterações nos atributos químicos e físicos do solo em razão da conversão da vegetação arbórea nativa em pastagem cultivada, bem como da submissão da pastagem nativa ao sistema de pastejo contínuo no Pantanal Sul-Mato-Grossense, concluíram que a conversão da vegetação arbórea nativa em pastagem cultivada e o sistema de pastejo contínuo da pastagem nativa promoveram leve degradação da qualidade física do solo, evidenciada pelo aumento da densidade do solo e resistência do solo à penetração e diminuição da porosidade total, macroporosidade e

condutividade hidráulica saturada, porém sem atingir limites considerados restritivos ao desenvolvimento do sistema radicular $< 2,0\text{MPa}$.

2.3 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

A matéria orgânica do solo atua em diversos processos do ecossistema terrestre, sendo grande parte do carbono orgânico residente no solo, se constituindo em um componente essencial e fundamental na capacidade produtiva do solo. Sua redução influencia nos atributos físicos do solo, tendo como principal característica afetada a agregação. Entretanto, atributos como densidade, porosidade, areação, capacidade de retenção e infiltração de água, também sofrem influência e são fundamentais a produtividade do solo.

Vários são os fatores que podem ocasionar a redução do teor de Matéria orgânica no solo, tais como aumento da erosão do solo, rápida mineralização da MO e oxidação do carbono orgânico do solo. Durante as últimas décadas, no entanto, ambientes tropicais tornaram-se cada vez mais alterados pela destruição da floresta para pastoreio, corte e fins industriais. Em solos altamente intemperizados dos trópicos, a MO desempenha um papel importante, porque representa o reservatório e a fonte dominante de nutrientes para as plantas.

Em solos sob vegetação natural a matéria orgânica se encontra estável; no entanto, quando submetida ao uso agrícola, pode ocorrer acentuada redução em seu conteúdo (BAYER; MIELNICZUK, 2008). Reduções de matéria orgânica foram observadas em solo sob pastagens, em camadas de 0-10 cm. Quando comparadas com solos de vegetação nativa (CARDOSO et al., 2011), o maior aporte de matéria orgânica na área de mata nativa geralmente está atribuído ao grande aporte de material orgânico nesta área.

REFERÊNCIAS

- ANTROP, M. Why landscape of the past are important for the future. **Landscape and Urban Planning**, v.70, p.21-34, 2005.
- ARAÚJO, E.A.; LANI, J.L.; AMARAL, E.F.; GUERRA, A. Uso da Terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.28, p.307-315, 2004.
- ARAUJO, R.; GOEDERT, W.J.; LACERDA, M.P.C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.31, n.5, p.1099-1108, 2007.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.7-18.
- BENGHOUGH, A. G.; MULLINS, C. E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.41, p.341-358,1990.
- BENGOUGH, A. G.; MCKENZIE B. M.; HALLETT, P. D.; VALENTINE, T. A. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits. **Journal of Experimental Botany**, Vol. 62, No. 1, pp. 59–68, 2011
- BEUTLER , A. N. ; CENTURION, J. F.; SOUZA, Z. M. ; ANDRIOLI, I.; ROQUE, C. G.; retenção de água em dois tipos de latossolos sob diferentes usos **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 26:829-834, 2002.
- CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; MOZART, M.M.; Freitas, D.A.F. de. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no pantanal sul-mato-grossense. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. v.35, p.613-622, 2011.
- CENTURION, José Frederico et al. Influência do cultivo da cana-de-açúcar e da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de latossolos vermelhos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 2007, vol.31, n.2, pp. 199-209.
- ERNOULD,A.; FREIRÉ-DIAZ,S.;LANGLOIS,E.; ALARD,D. Are similar landscape the result of similar histories. **Landscape Ecology**, v.21,p.631-639,2006.
- GUERRA, G.L.; COSTA, D.P. da; SILVA, V.V. da; FERREIRA, A.M.M. **Identificação dos padrões de uso e cobertura do solo através da aplicação de geotecnologias: o caso do Parque Estadual das Várzeas do rio Ivinhema**.

KLEIN, V.A. & LIBARDI, P.L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 26:857-867, 2002.

KLEIN, V. A. Propriedades do solo e manejo da água em ambientes protegidos com cultivo de morangueiro e figueira. Passo Fundo: ed.UPF, p.61, 2005.

LAPEN, D.R.; TOPP, G.C.; GREGORICH, E.G. & CURNOE, W.E. Least limiting water range indicators of soil quality and corn production, eastern Ontario, Canada. *Soil Till. Res.*, 78:151-170, 2004.

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 Ciência do Solo**, 32:495-502, 2008.

MENDES, F. G.; MELLONI, E. G. P.; MELLONI, R. Aplicações de atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas, em Itajubá/MG. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 211-220, 2006.

NAWAZ, M. F.; BOURRIÉ, G.; TROLARD, F.; Soil compaction impact and modelling. A review. **Agronomy for Sustainable Development**. 2012.

NEVES, C.M.N. das. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do estado de Minas Gerais. **Scientia Forestalis**, v.74, n.2, p.45-53, 2007.

PIRES, Luiz Fernando; ROSA, Jadir Aparecido and TIMM, Luís Carlos. Comparação de métodos de medida da densidade do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, vol.33, n.1, 2011.

PORTELA, J.C.; LIBARDI, P.L. & van LIER, Q.J. Retenção de água em solo sob diferentes usos no ecossistema tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, 5:49-54, 2001.

RENETZEDER,C.; SCHINDLER,S.; PETERSEIL,J. PRINZ, M.A.; Can we measure ecological sustainability? Landscape pattern as an indicator for naturalness and land use intensity at regional, national and European level. **Ecological Indicators**, v.10, p.39-48, 2010.

SANTOS, J. T. dos; ANDRADE, A. P.; SILVA, I. F.; SILVA, D. S. da; SANTOS, E. M.; SILVA, A. P. G.; Atributos físicos e químicos do solo de Áreas sob Pastejo na Micro Região do Brejo Paraibano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.12, p.2486-2492, 2010.

SINNETT, D.; MORGAN, G.; WILLIAMS, M.; HUTCHINGS, T. Soil penetration resistance and tree root development. **Soil Use Manage** 24:273–280, 2008.

SOUSA NETO, Eurico Lucas de; FIGUEIREDO, Luiz Henrique Arimura and BEUTLER, Amauri Nélon. Dispersão da fração argila de um latossolo sob diferentes sistemas de uso e dispersantes. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 2009, vol.33, n.3, pp. 723-728.

VIEIRA, I.C.G.; ALMEIDA, A.S.; DAVIDSON, E.A.;. Classifying seccessional Forest using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, v.87, p.470-481, 2003.

ZOU, C.; SANDS, R.; BUCHAN, G. & HUDSON, I. Least limiting water range: a potential indicator of physical quality of forest soils. **Australian Journal of Soil Research**. 38:947-958, 2000.

3. ATRIBUTOS FÍSICOS E MATÉRIA ORGÂNICA EM SISTEMAS DE USO DO SOLO

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.

Termos de indexação: física do solo, matéria orgânica e uso do solo.

PHYSICAL ATTRIBUTES AND ORGANIC MATTER IN DIFFERENT SYSTEMS OF LAND

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 ground physically.

Index terms: soil physics, organic matter and soil use.

3.1 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. Os diferentes tipos de uso do solo, aliados as diversas técnicas de cultivo com mecanização, provocam alterações nos atributos do solo, que podem ser de ordem física, química e biológica. A retirada da cobertura vegetal e o uso intenso de mecanização sem adoção de medidas ou tratos conservacionistas 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 uma característica pouco variável no tempo e pouco afetada pelo manejo (REINERT et al., 2001).

Vários estudos constataam modificações ocasionadas por sistema de pastagem. A compactação em sistema de pastejo, provocada pelo pisoteio de animal pode ser influenciado pela textura do solo, pela umidade e pela quantidade de resíduo vegetal na superfície (LANZANOVA et al., 2008). Em estudos realizados por Imhoff et al. (2000), observou-se aumento de densidade do solo após a implantação de pastagem. Em áreas de pastagem natural e pastagem degradada, os menores valores de macroporosidade geralmente estão associados ao processo de compactação da superfície do solo. Com a compactação do solo, esses poros sofrem uma maior redução, podendo ocorrer aumento dos microporos, reduzindo a porosidade total (SANTOS et al., 2010).

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). Os maiores valores de densidade e retenção de água foram encontrados em área de citros, quando comparados aos valores das áreas de mata e cultivo com mandioca, as quais não foram diferenciadas entre si (PORTELA et al., 2001). No entanto, em estudos realizados por Machado et al. (2008), as maiores retenções ocorrem na ordem mata-pousio-cultivo. Esses autores também associam os resultados aos teores de C orgânico do solo. O objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento das propriedades físicas e teor de matéria orgânica 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.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de Capitão Poço, nordeste do Estado do Pará (Figura 1).

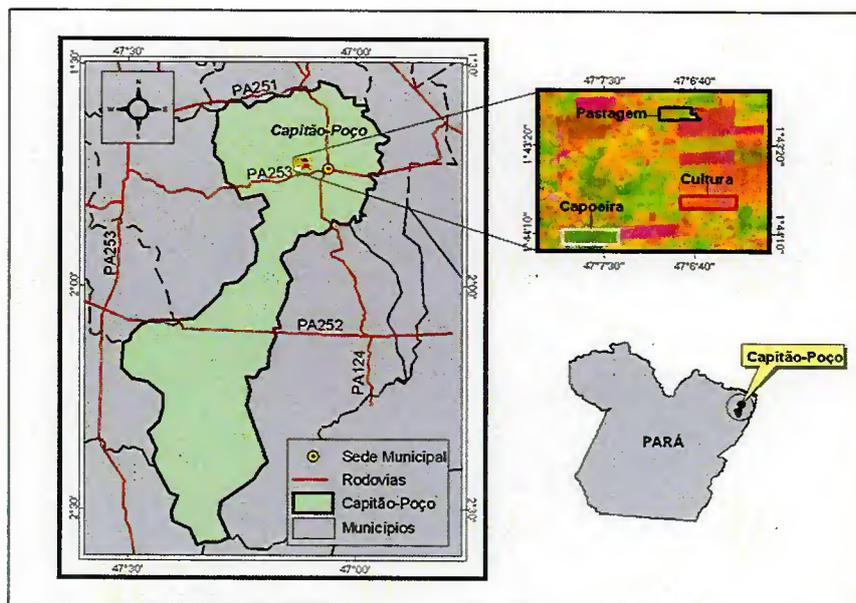


Figura 1. Localização das áreas de estudo no município de Capitão-Poço.

Fonte: IBGE

O município ocupa uma área de 2.899,540 km² (IBGE) e encontra-se situado entre as latitudes 01°30'43.32" e 02°35'44.92" S, e as longitudes 46°53'56.67" e 47°33'38.84" W,

sendo cortado a leste pela rodovia PA-124 e a oeste pela rodovia BR-010. Em geral o município apresenta solo do tipo Latossolo Amarelo, textura média (SILVA et al., 1999).

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) Solo sob vegetação secundária com 20 anos de idade;
- 2) Solo sob pomar de laranja- citros- implantado há 7 anos, em sistema de manejo com herbicidas para controle das plantas daninhas realizado nas linhas das plantas e roçadas mecânicas nas entrelinhas quando necessários.
- 3) Solo sob pasto abandonado há 10 anos.

Em cada sistema de uso, selecionou-se uma área de 6 ha, com espaçamento entre amostras de 50x50m perpendiculares entre si, totalizando 24 pontos. Em cada ponto foram coletadas amostras deformadas e 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). As amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 2mm para a realização da análise granulométrica e teor de carbono total.

Os valores de matéria orgânica foram calculados com base nos teores de carbono orgânico total, determinado pelo método Walkley & Black, com ação oxidante do dicromato de potássio sobre a matéria orgânica do solo, em presença de ácido sulfúrico, durante a reação quente e a titulação com sulfato ferroso amoniacal. A análise granulométrica foi determinada após dispersão com NaOH 1mol L⁻¹, através de agitação mecânica horizontal por 16 horas e peneiramento úmido. A fração areia foi separada da suspensão por lavagem e peneiramento em peneiras com malha de 0,53 mm. A argila foi obtida pelo método da pipeta e o silte por diferença (GEE; BAUDER, 1986).

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 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.

Para o potencial de 1,5 Mpa, considerado como a capacidade de campo, utilizaram-se amostras com estrutura deformada (TFSA) utilizando o 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 obtidos para determinação da curva de retenção foram submetidos à análise de regressão e ajustados conforme Van Genuchten (1980), com a restrição $(m = 1 - \frac{1}{n})$ conforme Mualen (1976), descrito abaixo (Equação 1):

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

Onde θ é a umidade 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 (cm); α , m , n são os parâmetros empíricos do modelo.

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 6 kPa (EMBRAPA, 1997). O volume de macroporos foi calculada pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade. A densidade do solo foi determinada segundo Blake & Hartge (1986).

A resistência do solo à penetração 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 $0,1167 \text{ cm}^2$, semi-ângulo de 30° e velocidade de penetração $1,0 \text{ cm min}^{-1}$. 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.

Os dados de resistência à penetração foram ajustados em relação à umidade volumétrica (θ_v) e à densidade do solo (D_s), utilizando o modelo não linear proposto por Busscher (1990), descrito abaixo (Equação 2):

$$RP = a\theta^b D_s^c \quad \text{Eq.(2)}$$

Onde: RP é a resistência à penetração (MPa), θ é o conteúdo de água no solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$), D_s é a densidade do solo (kg m^{-3}). Os coeficientes a , b , e c são parâmetros do modelo.

A partir do ajuste da curva de resistência a penetração, foram estimados a RP em função da densidade do solo para valores de umidade na capacidade de campo ($\psi = -0,01 \text{ Mpa}$); no $\psi = -0,07 \text{ Mpa}$, correspondente ao limite superior passível de ser medido em campo com tensiômetro e no $\psi = -1,5 \text{ Mpa}$, equivalente ao ponto de murcha permanente, geralmente utilizado como um estágio mais avançado de secamento do solo.

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

3.3 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 (Tabela 2), podendo atribuir-se ao gradiente de umidade e densidade do solo, no qual este atributo está diretamente relacionado (IMHOFF et al., 2000).

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. O maior valor de Ds ocorreu na área de cultivo de laranja, no entanto, pode ser considerado não crítico, uma vez que está inferior aos valores considerados com probabilidade de oferecer restrição ao crescimento radicular encontrados na literatura para solos com textura franco-arenosa, que variam entre $1,6 \text{ g cm}^{-3}$ e o máximo de $1,8 \text{ g cm}^{-3}$ (REYNODS et al.,2002).

Tabela 2. 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 ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)	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 ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)	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 ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)	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.

Práticas de manejo como a roçagem das entrelinhas do pomar no período chuvoso, em conjunto com outras práticas mecânicas utilizadas nos solos sob culturas cítricas, tendem a contribuir para a compactação do solo na profundidade de 0 a 10 cm (PORTELA et al., 2001).

A maior densidade do solo nessa área também pode ser explicado pela redução de matéria orgânica, ocasionada pelo tipo de manejo, quando comparado aos outros sistemas avaliados (Figura 2).

Os valores de densidade do solo na área de pastagem variaram de $1,36 \text{ Mg m}^{-3}$ a $1,78 \text{ Mg m}^{-3}$, tendo valor médio de $1,51 \text{ Mg m}^{-3}$ (Tabela1). Estudos realizados por Marcolan e Anghinoni (2006), 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 $1,70 \text{ Mg m}^{-3}$, sendo considerada elevada pelos autores.

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 $17,48 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto que a área de pasto e vegetação secundária tiveram médias de 24,24 e

31,20 g kg⁻¹, respectivamente (Figura 2). 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 à 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.

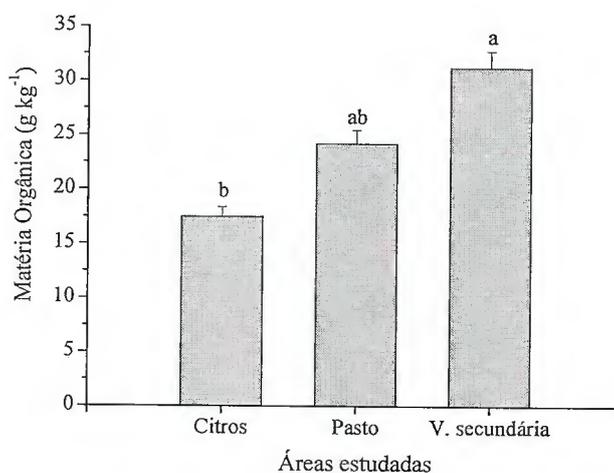


Figura 2. Teores médios de matéria orgânica no solo sob vegetação secundária, pastagem e citros. Médias seguidas de letras iguais entre tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

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 3).

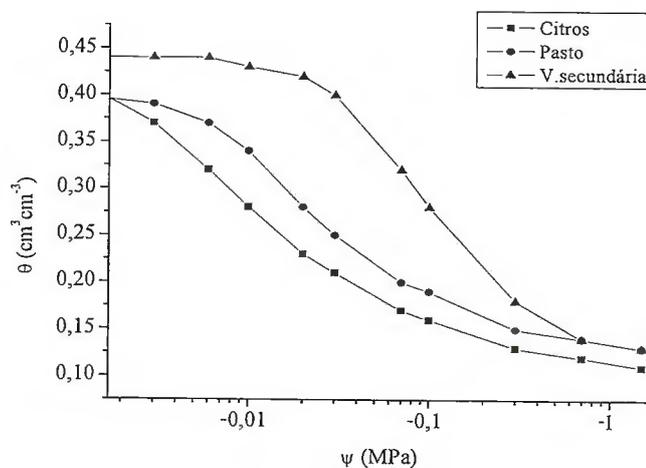


Figura 3. Curvas de retenção de água em solo sob vegetação secundária, pastagem e citros.

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). 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 Distrífico, 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 (CENTURION; ANDRIOLI, 2000; GIAROLA et al., 2002).

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

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

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

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 conseqüentemente 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 influenciada pelo sistema de manejo. Os maiores valores absolutos de água disponível ocorrem no solo sob vegetação secundária, no entanto, em média este sistema não difere do solo sob pastagem (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 (m ³ m ⁻³)	Macroporos (m ³ m ⁻³)	Microporos (m ³ m ⁻³)	AD
Veg. Secundária	0,44	0,16	0,28	0,23a*
Pastagem	0,43	0,06	0,37	0,21a
Citros	0,42	0,05	0,37	0,16b

*Médias seguidas de letras iguais entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O menor valor de porosidade total no solo sob cultivo de citros atribui-se aos maiores valores de densidade do solo, ocasionada pelo sistema de manejo. Pode-se afirmar que quanto mais elevada a densidade do solo, menor será o grau de estruturação do solo e de porosidade total, tendo como consequência maior restrição para o crescimento das plantas (SILVA et al., 2010). O solo sob vegetação secundária apresenta maior macroporosidade e menor microporosidade (Quadro 4), fato este ocasionado pela elevada cobertura do solo e ausência de ação antrópica, proporcionando uma boa estruturação no solo e livre movimento de água no solo.

Os solos sob cultivo de laranja e pastagem apresentam comportamento semelhante de macro e microporos, indicando que os sistemas de manejo tiveram um efeito destrutivo sobre os poros do solo. No solo sob pastagem, além do uso anteriormente destinado, pode ser devido a exposição do solo atualmente em pousio e propício ao impacto das gotas de chuva e no solo sob cultivo de citros ao tráfego de maquinários.

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 (IMHOFF et al., 2000; BEUTLER et al., 2001; LIMA et al., 2007; BLAINSKY 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
	a	b	c	
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 2,5 MPa como impeditivo para o crescimento das raízes (PETEAN et al, 2010), fez a partir do modelo, inferências a respeito da ocorrência de restrições em função da densidade do solo para conteúdos de água referentes aos potenciais $-0,01$, $-0,07$ e $-1,5$ MPa para cada tipo de uso do solo (Figura4).

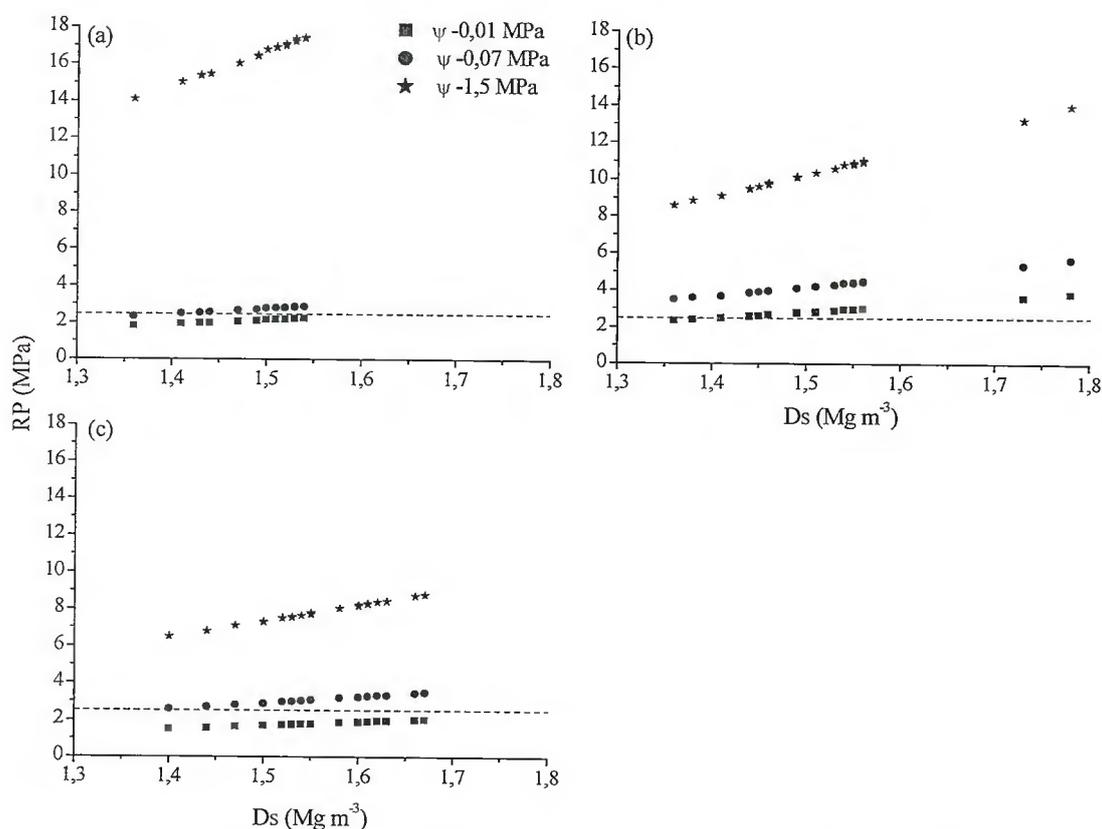


Figura 4: Resistência à penetração para os potenciais mátricos (ψ) de $-0,01$; $-0,07$ e $-1,5$ MPa, em função da densidade do solo (Ds) em áreas em áreas sob vegetação secundária (a), pastagem (b) e citros (c). As linhas horizontais correspondem a RP restritiva ao desenvolvimento radicular (2,5MPa).

No solo sob vegetação secundária e cultivo sob citros, não foi constatada a ocorrência de valores $RP > 2,5$ MPa sob θ equivalente a capacidade de campo. Para a área de vegetação secundária valores de θ equivalente ao ψ de $-0,07$ MPa a densidade do solo passa a ser

restritiva ao crescimento radicular com densidades a partir de $1,42 \text{ Mg m}^{-3}$ e para a θ equivalente ao ψ de $-1,5 \text{ MPa}$, densidade do solo superior a $1,35 \text{ MPa}$ constata valores de $RP > 2,5 \text{ MPa}$.

O solo sob pastagem apresentou densidade do solo média de $1,51 \text{ Mg m}^{-3}$, de acordo com a figura 4b, a RP torna-se limitante para densidades superiores de $1,4 \text{ Mg m}^{-3}$ nos três potenciais $-0,01$; $-0,07$ e $-1,5 \text{ MPa}$, onde assume-se que esta área, de acordo com sua densidade do solo já está em condição limitante a partir da capacidade de campo, as condições de exposição aos intempéries de solo em sistema de pousio influenciam negativamente nas propriedades físicas do solo

Estudos realizados por Blainski et al. (2008) considerando $RP > 2$ em área de citros, a limitação para plantas constitui-se de densidade superior a $1,75 \text{ Mg m}^{-3}$ para capacidade de campo. Valores de densidade superiores $1,4 \text{ Mg m}^{-3}$, a RP torna-se restritiva nos potenciais $-0,07$ e $-1,5 \text{ MPa}$. 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 $2,5 \text{ MPa}$, já em condições elevadas de umidade, como na capacidade de campo.

3.4 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 sob cultivado com citros e solo sob pastagem.

A área sob pastagem foi considerada a que possui maior comprometimento dos atributos físicos do solo.

REFERÊNCIAS

- BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SOUZA, Z.M.; ANDRIOLI, I. & ROQUE, C.G. Retenção de água em dois tipos de latossolos sob diferentes usos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.26, p.829-834, 2002.
- BUSSCHER, W.J. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 33: 519-524, 1990.
- BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison, **American Society of Agronomy**, 1986. p.363-375.
- 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 Ciência do Solo**, 32:975-983, 2008
- 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 Ciência do Solo**. 2009, vol.33, n.2, pp. 235-244.
- 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.
- COUTINHO, G. F.; 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 Ciência do Solo**, Apr 2011, vol.35, no.2, p.373-387.
- 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**, 1986. p.383-411.
- GIAROLA, N.F.B.; SILVA, A.P. & IMHOFF, S. Relações entre propriedades físicas e características de solos da região sul do Brasil. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 26:885-893, 2002.
- IMHOFF, S.; SILVA, A. P. DA; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. *Pesq. agropec. bras.* 2000, vol.35, n.7, pp. 1493-1500.
- KLEIN, A. V.; BASEGGIO, M.; MADOLosso, 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**, 1986. p.635-660.

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 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**, v.37, n.4, jul-ago, 2007.

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 Ciência do Solo**, 32:495-502, 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 Ciência do Solo**, 30:163-170, 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 Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 26:86-95, 2006.

MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Res. Res.*, 12;513-522, 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. R **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 34:1515-1526, 2010.

PORTELA, J.C.; LIBARDI, P.L.; LIER, Q. de . Retenção da água em solo sob diferentes usos no ecossistema Tabuleiro Costeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.1, p.49-54, 2001.

REINERT,D.J.;REICHERT, J.M; SILVA,V.R. Propriedades físicas de solos em sistema de plantio direto irrigado.In: CARLESSO, R. et al. Irrigação por aspersão no Rio Grande do sul. Santa Maria, 2001. 165p.

REYNOLDS, W.D.; BOWMAN, B.T.; DRURY, C.F.; TAN, C.S.; LU, X. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, v.110, p.131-146, 2002.

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**. 2010, vol.40, n.12, pp. 2486-2492.

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 Ciência do Solo**, v.34, p.659-667, 2010.

GENUCHTEN, V . A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Sci Soc. Am. J.**, v.44, p.892-898, 1980.