



Qualidade e atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférico típico em diferentes sistemas de manejo

Quality and physical attributes of a Oxisol in different management systems

Micael Seidht da Mota¹, Cassiano Cremon¹, Nilbe Carla Mapeli¹, Wininton Mendes da Silva¹, Wellington Azambuja Magalhães¹, Thais Cremon¹

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Departamento de Agronomia. Av. São João, s/n°. Cavalhada, Cáceres, MT. CEP 78200-000 E-mail: seidht@hotmail.com

Recebido em: 27/12/2010

Aceito em: 26/05/2011

Resumo. O objetivo deste estudo foi avaliar os atributos físicos e a qualidade de um Latossolo Vermelho Distroférico típico em diferentes sistemas de uso: cana-de-açúcar, pastagem extensiva e mata nativa. O estudo foi realizado em Rio Branco, região sudoeste de Mato Grosso. Em cada ambiente amostrou-se as camadas de solo de 0 a 0,1; 0,1 a 0,2 e 0,2 a 0,3 m de profundidade. Foram avaliadas as características de densidade do solo, resistência mecânica do solo à penetração, porosidade total, além de micro e macroporosidade. De acordo com os resultados obtidos, foi organizado um diagrama comparativo de qualidade do solo e calculado o índice de qualidade de solo. A pastagem apresentou altos valores de resistência mecânica do solo à penetração e maior média de densidade do solo, comparado aos demais sistemas de usos. A cana-de-açúcar e a pastagem sofreram reduções drásticas de qualidade física do solo em relação à mata nativa nas camadas de 0 a 0,1 e 0,1 a 0,2 m do solo. A camada de 0,2 a 0,3 m foi a que sofreu menor impacto na qualidade do solo mediante os diferentes sistemas de uso.

Palavras- chave: Densidade do solo, manejo do solo, resistência mecânica do solo à penetração.

Abstract. The objective of this study was to evaluate the physical attributes and quality of soil in a Oxisol in different land use systems: sugar cane, extensive pasture and native forest. The study was conducted in Rio Branco, the southwestern region of Mato Grosso. In each environment was sampled soil in the layers from 0-0.1, 0.1-0.2 and 0.2-0.3 m depth. Were evaluated: soil density, soil resistance to penetration, soil porosity, and micro and macroporosity. According to the results, it was organized a comparative diagram of soil quality and calculated the index of soil quality. The pasture had higher values of soil resistance to penetration and higher average density, compared to other systems uses. The sugar cane and pasture have suffered drastic reductions in soil physical quality in relation to native vegetation in layers of 0-0.1 and 0.1-0.2 m above the ground. The layer from 0.2-0.3 m was the one that has less impact on soil quality through the use of different systems.

Keywords. Soil density, soil management, soil mechanical resistance to penetration.

Introdução

Para a obtenção de sucesso em uma safra agrícola, além das condições climáticas da cultivar utilizada e do manejo empregado, as boas condições de solo é fator fundamental para o bom desempenho produtivo das culturas no campo.

Os indicadores de qualidade do solo abrangem características físicas, químicas e biológicas (Stenberg 1999; Schoenholtz, 2000; Van Miegroet & Burger, 2000), no entanto os agricultores desconhecem ou ignoram as características físicas do solo.

A qualidade do solo é uma abordagem que não leva apenas em consideração o papel do solo como simples substrato utilizado na produção agrícola, mas sim a capacidade deste em funcionar numa faixa ideal do ecossistema, mantendo a produtividade e sustentabilidade do sistema (Doran & Parkin, 1994).

Devido a sua importância, a qualidade física do solo terá destaque particular neste trabalho, pois se acredita que esta exerce grande influência nos processos químicos e biológicos no solo (Dexter, 2004). De acordo com a adoção de



algumas práticas de manejo, as propriedades físicas do solo podem ser modificadas transitoriamente ou até de maneira definitiva, sendo assim, torna-se necessário o constante monitoramento e a avaliação destes atributos do solo (Lima, 2004).

Cunha et al. (2001) relataram a importância do monitoramento dos atributos físicos após observar um solo onde havia sido trabalhado três anos de cultivo sequencial com culturas anuais, onde a densidade do solo aumentou significativamente em superfície e sub superfície em relação ao solo sob vegetação natural. Tal comportamento é atribuído à compactação mecânica, pela utilização de arados e grades, causando destruição dos agregados e acomodação das partículas do solo.

Trabalho realizado por Souza et al. (2005) constataram uma significativa redução na porosidade do solo, ao compararem solo sob pastagem com solo sob cerrado nativo, demonstrando o efeito do uso do solo na perda de sua qualidade física, através da compactação causada pelo pisoteio animal.

Percebe-se através desses resultados que a intensidade do uso de um solo apresenta uma relação inversa com uma boa qualidade, resultando em interferência no desenvolvimento do sistema radicular das culturas a campo e fazendo com que estas demandem de maiores cuidados na adoção de manejo em processos de uso da terra.

É importante que se conheça às características físicas e químicas do solo a ser trabalhado, e que se faça um acompanhamento periódico das condições físicas do solo de modo que possibilite correções das práticas de manejo que eventualmente estejam inadequadas, propiciando um bom desenvolvimento da cultura a ser estabelecida e acréscimo da produtividade.

Este trabalho teve como objetivo avaliar os atributos físicos e a qualidade de um Latossolo Vermelho Distroférico típico, nas camadas 0-0,1, 0,1-0,2 e 0,2-0,3 m de profundidade, sob sistemas de pastagem extensiva, cana-de-açúcar e mata nativa.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em um Latossolo Vermelho Distroférico típico, com área localizada no município de Rio Branco, em latitude 15°14'27" S e longitude 58°06'56" W, com

altitude de 180 metros, na região sudoeste de Mato Grosso. A região apresenta clima Tropical, com média de temperatura máxima anual de 32,4°C, mínima de 20,3°C e média compensada de 32,4°C. A pluviosidade anual é de 1311,85 mm, concentrando 45% nos meses de dezembro a fevereiro (Guerrini, 1978).

Foram selecionadas áreas de dois hectares sob diferentes modalidades de uso: (a) solo sob mata nativa, área de referência para comparação dos atributos físicos sem ação antrópica, com vegetação estacional semidecidual (floresta tropical subcaducifólia) segundo Radambrasil (Brasil, 1982); (b) solo sob pastagem com *Brachiaria brizantha* em pastejo extensivo de bovinos durante 10 anos, com lotação média de 0,8 unidade animal por hectare (UA ha⁻¹), 1 UA = 1 animal com peso vivo de 500 kg; (c) solo sob cultivo convencional de cana-de-açúcar com colheita mecanizada

A amostragem foi realizada nas camadas de 0 a 0,1; 0,1 a 0,2 e 0,2 a 0,3 m do solo, com quatro repetições nas respectivas profundidades para cada atributo físico do solo.

Os atributos físicos do solo avaliados foram: a densidade do solo (Ds), a porosidade total (Pt); microporosidade (Mic) e macroporosidade (Mac), seguindo as especificações da Embrapa (1997). A resistência mecânica do solo à penetração (RMSP), foi medida através de um penetrômetro eletrônico de bancada com velocidade constante de penetração de 1 cm min⁻¹ portando cone de 4 mm de diâmetro de base, semi-ângulo de 30° e célula de carga de 20 kg, acoplado à um microcomputador para recebimento de dados, após as amostras serem saturadas com água por um período de 24h e submetida a uma tensão de 33 Kpa, (Tormena et al., 1998).

Foram realizadas análises granulométricas, de matéria orgânica (MO) e capacidade de troca catiônica (CTC) em cada unidade experimental, para efeito de caracterização do solo (Tabela 1). A Capacidade de Troca de Cátions (CTC) foi determinada pelos valores da soma de bases (Ca + Mg e K) e da acidez potencial (H + Al). O teor de Matéria Orgânica do Solo (MOS) foi obtido por oxidação via úmida, através do teor de C orgânico segundo Embrapa (1997).

A qualidade do solo foi avaliada através do modelo de diagrama comparativo de qualidade de solo, como descrito por Araújo (2004). O

referencial que apresenta condições de estabilidade ecológica, a mata nativa, foi considerada com qualidade igual a 100%. Em cada área avaliada foi calculado um valor, agregando os dados individuais considerados indicadores de qualidade de solo, adotando-os nas categorias de atributos, físicos (densidade do solo, porosidade total e resistência mecânica do solo à penetração) e químicos (capacidade de troca

catiônica e matéria orgânica do solo), apesar da matéria orgânica ser um atributo químico, neste modelo, foi considerada como atributo biológico, devido à importância e sustentação que esta tem para os microrganismos do solo, como referido por Netto (2009). Esses valores foram plotados em diagrama com três eixos, um para cada categoria.

Tabela 1. Valores de areia, silte, argila, matéria orgânica (MO) e capacidade de troca catiônica (CTC) em um Latossolo Vermelho Distroférrico típico em diferentes ambientes, na região sudoeste de Mato Grosso.

Ambientes	Profundidade (m)	Areia	Silte	Argila	MO	CTC
		----- g kg ⁻¹ -----			g dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³
Mata Nativa	0 a 0,1	600	100	300	32	8,33
	0,1 a 0,2	600	100	300	22	7,59
	0,2 a 0,3	560	80	360	17	6,16
Cana-de-açúcar	0 a 0,1	560	60	380	25	8,1
	0,1 a 0,2	560	60	380	30	7,67
	0,2 a 0,3	540	80	380	20	7,56
Pastagem	0 a 0,1	600	100	300	32	8,87
	0,1 a 0,2	600	80	320	18	6,38
	0,2 a 0,3	580	80	340	20	6,58

Em cada área de estudo foi obtido o índice de qualidade de solo, pela contribuição de cada indicador dos atributos físicos, químicos e biológicos. Através da soma da porcentagem dos desvios de cada um em relação ao valor referencial, a mata nativa.

Como referido por Araújo et al. (2007) nos casos em que o aumento do valor do indicador for indesejável (Ds e RMSP), maiores que a área referencial, foram considerados de forma negativa.

As análises dos dados foram realizadas com a utilização do *software* SAEG® (versão 9.1) mediante aplicação do teste de comparações múltiplas de Kruskal-Wallis.

Resultados e Discussão

As variáveis analisadas para detectar modificações nos indicadores físicos de qualidade do solo nos ambientes de cultivo de cana-de-açúcar e de pastagem, sofreram alterações significativas em relação ao solo sob mata nativa, como reduções nas médias de porosidade total (Pt) e macroporosidade (Mac), e aumento para as médias de densidade do solo (Ds), Resistência

Mecânica do Solo à Penetração (RMSP) e aumento de microporosidade (Mic), resultante da remoção da cobertura vegetal original da área e submetida ao uso agrícola. Os fatores que contribuem para a variação destes atributos são a trafegabilidade de maquinários para tratos culturais, colheita mecanizada e o pastejo animal (Tabela 2).

O teste de comparação múltipla de Kruskal-Wallis acusou diferenças significativas para os ambientes de cana-de-açúcar e pastagem em relação ao ambiente de mata nativa, ao nível de $p < 0,05$ e $p < 0,01$, para todos os atributos físicos do solo analisado (Tabela 3).

O solo sob mata nativa obteve médias significativamente diferentes em relação aos ambientes onde o solo é submetido ao uso agrícola com produção de cana-de-açúcar e pastagem.

A Ds, RMSP, Pt, Ma e Mi diferiram significativamente entre os ambientes de mata nativa e cana-de-açúcar, mata nativa e pastagem, porém os ambientes de cana-de-açúcar e pastagem não se diferiram entre si, segundo o teste de

comparação múltipla de média de Kruskal-Wallis, ao nível de $p < 0,05$ e $p < 0,01$.

Os maiores valores de D_s foram observados nas camadas de 0-0,1 m e 0,1-0,2 m no ambiente de cana-de-açúcar, seguido pelo ambiente de pastagem que superou valores de D_s na camada de 0,2 a 0,3 m. Esses resultados corroboram com Souza & Alves (2003), que realizando um estudo referente às propriedades físicas de um Latossolo no cerrado, detectaram que a área onde se encontrava a pastagem, os valores de D_s foram superiores do que em solo onde se encontrava sob

vegetação original não antropizado, podendo então atribuir os valores elevados de D_s na área de pastagem resultantes do pisoteio animal, que provoca a compactação do solo (Cavenage et al., 1999). Resultados similares foram observados por Vasconcelos et al. (2004), em um Latossolo com teor de argila aproximado de 50%, constatando aumento considerável na densidade do solo sob cultivo de cana-de-açúcar quando comparado à sua condição natural sob mata nativa, a densidade de $1,10 \text{ g cm}^{-3}$ aumentou para $1,30 \text{ g cm}^{-3}$ em uma profundidade entre 0 a 0,20 m.

Tabela 2. Densidade do solo (D_s), Resistência Mecânica do Solo à Penetração (RMSP), Porosidade Total (Pt), Macroporosidade (Mac) e Microporosidade (Mic) na camada de 0 a 0,1 m; 0,1 a 0,2 m e 0,2 a 0,3 m, em um Latossolo Vermelho Distroférico típico em diferentes ambientes, na região sudoeste de Mato Grosso.

Ambientes	Profundidade (m)	D_s (g dm^{-3})	RMSP (MPa)	Pt	Ma	Mi
				-----($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)-----		
Mata Nativa	0 – 0,1	1,12	1,54	0,57	0,41	0,16
	0,1 – 0,2	1,23	1,36	0,53	0,36	0,17
	0,2 – 0,3	1,29	2,76	0,51	0,33	0,18
	Média	1,21	1,86	0,53	0,36	0,17
Cana-de-açúcar	0 – 0,1	1,47	3,26	0,44	0,22	0,22
	0,1 – 0,2	1,46	4,67	0,44	0,21	0,23
	0,2 – 0,3	1,37	2,94	0,48	0,20	0,28
	Média	1,43	3,62	0,45	0,21	0,24
Pastagem	0 – 0,1	1,40	3,37	0,47	0,27	0,20
	0,1 – 0,2	1,43	5,73	0,45	0,24	0,21
	0,2 – 0,3	1,49	4,01	0,44	0,22	0,22
	Média	1,44	4,37	0,45	0,24	0,21

Tabela 3. Médias para variáveis de atributos físicos do solo na camada 0,3 m de profundidade em um Latossolo Vermelho Distroférico típico em diferentes ambientes, na região sudoeste de Mato Grosso.

Variável	Ambiente	Diferença Observada	Diferença Mínima ($p=0,05$)	Diferença Significativa ($p=0,01$)
D_s	Mata/Cana	15	10,079	12,530
	Cana/Pasto	0,5	10,079	12,530
	Pasto/Mata	15,5	10,079	12,530
RMSP	Mata/Cana	10,75	10,079	12,530
	Cana/Pasto	1,75	10,079	12,530
	Pasto/Mata	12,5	10,079	12,530
Pt	Mata/Cana	15	10,079	12,530
	Cana/Pasto	0,5	10,079	12,530
	Pasto/Mata	15,5	10,079	12,530
Ma	Mata/Cana	15	10,079	12,530
	Cana/Pasto	0,5	10,079	12,530
	Pasto/Mata	15,5	10,079	12,530
Mi	Mata/Cana	13,83	10,079	12,530
	Cana/Pasto	1,6	10,079	12,530
	Pasto/Mata	12,16	10,079	12,530



O aumento da densidade do solo no cultivo de cana-de-açúcar implica de forma prejudicial o desenvolvimento do sistema radicular da cana-de-açúcar, cultura esta que explora em maior quantidade os nutrientes na camada arável do solo.

A RMSP encontrada na mata nativa foi de 1,54 a 2,76 MPa, significativamente menor em relação aquelas encontrada nos sistemas com cana-de-açúcar atingindo valores de 2,94 a 4,67 MPa e o ambiente sob pastagem na qual alcançou valores mais elevados, chegando à 5,73 MPa de RMSP, na camada 0,2 m. Esses valores correspondem aos encontrados por Souza et al. (2003) que obteve em uma área sob pastagem os maiores valores de resistência mecânica do solo à penetração, quando comparada a diversas formas de manejo do solo, como, plantio direto, preparo convencional e preparo mínimo.

Esses valores de RMSP na área de pastagem são atribuídos à pressão exercida no solo pelos animais, ao passo que o solo era utilizado para o pastejo acerca de 10 anos sem revolvimento do solo, tempo este necessário para que problemas de resistência mecânica do solo à penetração se tornem agravantes no sistema.

Ainda não existe um consenso sobre o valor que pode ser considerar crítico ao crescimento radicular, no entanto, valores acima de 2 MPa apresentam forte impedimento ao crescimento radicular, além de dificultar a percolação da água no solo (Beutler et al., 2003).

Foi observado na mata nativa, utilizado neste trabalho como referencial de atributos físicos, que a porosidade total (Pt) e macroporosidade (Mac) obtiveram maiores valores em toda a camada do solo analisada, e menores valores de microporosidade (Mic) em relação ao solo de pastagem e cana-de-açúcar, resultados estes condizentes com os menores valores de densidade de solo e resistência mecânica do solo à penetração na área sob mata nativa.

Não se observou diferença significativa no teste não paramétrico, entre as áreas de pastagem e cana-de-açúcar, para Pt, Mac e Mic, significando que os efeitos de uso do solo foram similares para as duas áreas.

Entre todos os sistemas analisados, o solo sob cana-de-açúcar apresentou os menores valores

de Pt e Mac, chegando à $0,20 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na camada de 0,2 a 0,3 m, associado a altos valores de Mic. As variações para esses importantes atributos conferem significativa redução do espaço poroso e da aeração do solo em questão. Na pastagem, os menores valores também foram observados na camada de 0,2 a 0,3 m.

Os valores observados de porosidade total para as áreas sob mata nativa e áreas de pastagem e cana-de-açúcar, foram similares aos observados por Secco et al. (1997), Silva et al. (2000) e Beutler et al. (2001).

Na Figura 1, o diagrama comparativo de qualidade de solo sintetiza o comportamento dos atributos físicos, químicos e biológicos que refletem a qualidade de solo, nas camadas de 0-0,1 m, 0,1-0,2 m e 0,2-0,3 m, para as áreas estudadas. Na avaliação da qualidade do solo para a camada 0 a 0,1 m (Figura 1A), observa-se que o atributo químico se manteve estável em relação ao ambiente de mata nativa, já o atributo biológico apresentou uma pequena redução para o ambiente de cana-de-açúcar em relação ao ambiente de mata nativa.

Verificou-se ainda (Figura 1A) que os atributos físicos do solo estão altamente impactados, o índice de qualidade do solo para a área de cana-de-açúcar foi de 0,53, indicando redução de qualidade física de 46%, e a área de pastagem apresentou um índice de qualidade de física de 0,62 indicando uma redução de 38%, ambas as áreas em relação à área de mata nativa.

Na camada de 0,1 a 0,2 m (Figura 1B) pode-se visualizar a redução no atributo biológico na área sob pastagem, e a área sob cana-de-açúcar um aumento considerável apesar da elevada densidade do solo deste sistema, fato este que provavelmente está associado à diminuição da atividade microbiana, devido à redução do espaço poroso nesta profundidade onde piores condições de aeração podem ter causado o acúmulo de matéria orgânica (Stevenson, 1994). A qualidade física do solo foi de 0,68 no ambiente sob cana-de-açúcar indicando reduções de 32% e 0,73 na pastagem, com reduções de 27%, valores estes melhores que a camada anterior.

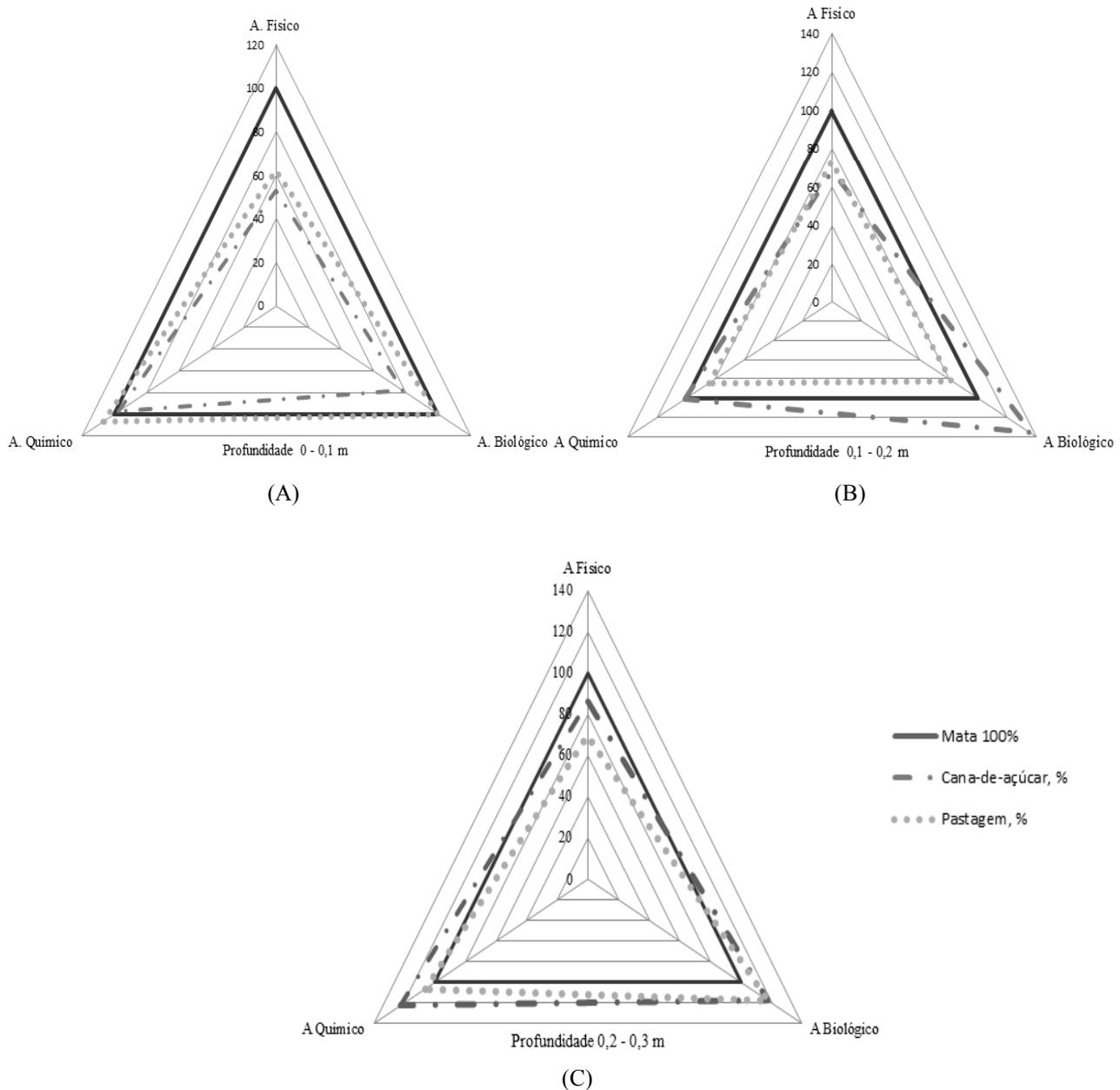


Figura 1. Diagramas comparativos da qualidade do solo, distribuída em atributos físicos, químicos e biológicos, de ambiente sob cana-de-açúcar e pastagem em relação à mata nativa, nas camadas de 0 - 0,1 m (A), 0,1 - 0,2 m (B) e 0,2 - 0,3 m (C).

O diagrama comparativo de qualidade do solo da camada 0,2 a 0,3 m (Figura 1C) evidenciam que os atributos químicos e biológicos dos sistemas de uso analisados não sofreram reduções em relação à mata nativa. Percebe-se que houve um aumento considerável na qualidade física na camada 0,2 a 0,3 m, sendo que a qualidade de solo na área de cana-de-açúcar foi de 0,86, indicando redução de 14% e para pastagem

obteve-se um valor de qualidade de solo de 0,70, indicando uma de redução de 30% em relação ao ambiente referencial não antropizado.

A degradação da qualidade do solo está estreitamente ligada com a intensidade de uso, seja para a agricultura na utilização intensa de maquinários ou em áreas de pastagens destinadas a criação animal, a pressão aplicada pelo pisoteio animal nas propriedades física do solo, acarreta



alterações na estrutura, pelo aumento da densidade do solo e redução da porosidade total. Klein et al. (2002) ratificaram a relação existente entre a intensidade de uso do solo com a degradação da qualidade do solo.

Embora ainda não exista um consenso interpretativo para os atributos biológicos que são utilizados como indicadores de qualidade de solo, sendo necessária cautela quando algum indicativo é utilizado para avaliar a qualidade do solo, como preconizado por Araújo (2004), então, pode-se dizer que a alta atividade microbiana pode ser considerada um fator negativo na qualidade do solo, quando relacionado à aceleração da decomposição dos resíduos orgânicos, assim diminuindo o tempo de permanência da matéria orgânica no solo. Netto et al. (2009) em seu trabalho de qualidade de solo, considerou a matéria orgânica como indicador de qualidade biológica, embora esta seja um atributo químico, a matéria orgânica é base para manutenção dos microrganismos do solo, fator este que a insere como indicador de qualidade biológica neste trabalho.

O modelo de comparação de qualidade de solo apresentou-se dinâmico e útil, para avaliação associada dos atributos indicadores de qualidade do solo e assim estimar o efeito do uso do solo nos sistemas de produção de cana-de-açúcar e pastagem.

Conclusão

Os sistemas de uso do solo ocasionaram alterações consideráveis sobre os atributos do solo, principalmente nos atributos físicos.

A degradação dos atributos físicos, que conferem a qualidade do solo, intensifica-se nas camadas superficiais do solo, na área de cultivo convencional de cana-de-açúcar e pastagem, onde a compressão mecânica na área de cana-de-açúcar e o pisoteio animal na área de pastagem são os fatores mais atuantes.

Referências

ARAÚJO, M.A.; TORMENA, C.A.; SILVA, A. P. Propriedade físicas de um Latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.28, p.337-345, 2004.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e

sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1099-1108, 2007.

BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.167-177, 2001.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; ROQUE, C. G. **Resistência à penetração em Latossolos: limitante à produção de grãos de soja** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., Goiânia, 2003. Resumo expandido. Goiânia, CONBEA, 2003. CD-ROM.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SD.21 Cuiabá: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 544p. 1982.

CAVENAGE, A.; Moraes, M.L.T.; ALVES, M.C.; CARVALHO, M.A.C.; FREITAS, M.L.M.; BUZZETTI, S. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.997-1003, 1999.

CUNHA, T.J.F.; MACEDO, J.R.; RIBEIRO, L.P.; FREITAS, F.P.P.L.; AGUIAR, A. C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob cerrado. **Ciência Rural**, v.1, p.27-36, 2001.

DEXTER, A. R. Soil physical quality: Part I. Theory. Effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, v.120, p.201-214, 2004.

DORAN, J.W., PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B. A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, **Soil Science Society of America**, 1994. p.3-21. (SSSA Special Publication, 35).



DORAN, J.W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. A. Soil health and sustainability. **Advance Agronomy**, v.56, p.1-54, 1996.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**, Rio de Janeiro: CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS, 1997. 212 p.

GUERRINI, V. **Bacia do alto rio Paraguai; estudo climatológico**. Brasília-DF: EDIBAP/SAS, 1978. 60p.

KLEIN, V.A. & LIBARDI, P. L. Condutividade hidráulica de um Latossolo Roxo, não saturado, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Ciência Rural**, v.32, p.120-128, 2002.

LIMA, C.L.R. **Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada**. ESALQ-SP: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2004. 70p. Tese (Doutorado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2004.

NETTO, I.T.; KATO, E.; GOEDERT, W. J. Atributos físicos e químicos de um Latossolo vermelho-amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1441-1448, 2009.

SCHOENHOLTZ, S.H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J. A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management Wageningen**, v.138, p.335-356, 2000.

SECCO, D.; DA ROS, C.O.; FIORIN, J.E.; PAUTZ, C.V.; PASA, L. Efeito de sistemas de manejo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro. **Ciência Rural**, v.27, p.57- 60, 1997.

SILVA, M.L.N.; CURI, N. & BLANCANEAUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.2485-2492, 2000.

SOUZA, Z.M.; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência a penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.07, p.18-23, 2003.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. **Soil and Plant Science**, v.49, p.1-24, 1999.

STEVENSON, F.J. **Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions**. 2. ed. New York: John Wiley, 496p. 1994.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.573-581, 1998.