

Artigo Científico

Resumo

O uso e o manejo agrícola e urbano do solo, além de provocar alterações em suas propriedades físicas e químicas, afetam a estabilidade dos seus agregados e, conseqüentemente, a resistência dos solos à erosão hídrica. O presente trabalho teve o objetivo de avaliar as propriedades físicas e químicas, assim como a estabilidade dos

agregados dos solos da Microbacia do Ribeirão São Domingos, município de Santa Cruz do Rio Pardo - SP, em cinco sistemas de uso e ocupação: cultivo de cana-de-açúcar (CCA), pastagem (PA), solo urbano (SU), mata nativa (MN) e cultivo de soja em rotação com culturas de inverno (CSCI). Os índices de agregação analisados apontaram, em ordem decrescente de qualidade estrutural, os usos PA, MN, CSCI, CCA e SU. Os principais fatores que influenciaram a agregação dos solos são o uso e manejo, os quais têm relação direta com a cobertura vegetal e com o aporte e manutenção da matéria orgânica. O uso CSCI apresentou as características químicas mais adequadas em função do sistema de cultivo adotado e da adubação, e o uso MN apresentou densidade do solo e porosidade mais próximas de um sistema natural.

Palavras-chave: uso e manejo do solo; estabilidade de agregados; propriedades físicas e químicas.

Análise da estabilidade de agregados de solos da microbacia do Ribeirão São Domingos, Santa Cruz do Rio Pardo – SP, sob diferentes tipos de uso e ocupação

*Julio Cesar Demarchi*¹

*Maria Cristina Perusi*²

*Edson Luís Piroli*³

Análisis de la estabilidad de los agregados de los suelos de la cuenca del arroyo São Domingos, Santa Cruz do Rio Pardo – SP, bajo diferentes tipos de uso y ocupación

Resumen

Los cambios en el uso y la gestión de tierras agrícolas y urbanas, además de causar alteraciones en sus propiedades físicas y químicas, afectan la estabilidad de sus agregados y por lo tanto la resistencia de los suelos a la erosión hídrica. Este estudio tuvo como objetivo evaluar las propiedades físicas y químicas, así como la estabilidad de los agregados de los suelos en la cuenca del arroyo Santo Domingo, en la ciudad de Santa Cruz do Rio Pardo - SP, con cinco sistemas de uso y ocupación de suelo: el cultivo de la caña de azúcar (CCA), pastos (PA), suelo urbano (SU), bosque nativo (MN) y el cultivo de soya en rotación con cultivos de invierno (CSCI). Los índices de agregación analizados mostraron, en orden decreciente de calidad estructural, los usos PA, MN, CSCI, CCA y SU. Los principales factores que influenciaron en la agregación del suelo son el uso y

Recebido em: 16 /04/2011

Aceito para publicação em: 19/08/2011

1 - Aluno de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp - Câmpus de Botucatu -SP. CEP: 18.610-307. Botucatu - SP. E-mail: julio.demarchi@gmail.com

2 - Professora Assistente Doutora do curso de Geografia da Unesp - Câmpus Experimental de Ourinhos. E-mail: cristina@ourinhos.unesp.br.

3 - Professor Assistente Doutor do curso de Geografia da Unesp - Câmpus Experimental de Ourinhos. E-mail: elp@ourinhos.unesp.br.

manejo, que están directamente relacionados con la cubierta vegetal y con el aporte y mantenimiento de la materia orgánica. El uso CSCI presenta las características químicas más adecuadas en función del sistema de cultivo y fertilización, y lo uso MN presentó la densidad y porosidad del suelo más cercanos a un sistema natural.

Palabras clave: uso y manejo del suelo, estabilidad de agregados, propiedades físicas, propiedades químicas.

Introdução

Em sua condição natural, os solos apresentam diferentes graus de suscetibilidade à erosão, decorrentes de propriedades químicas e físicas como textura, porosidade, densidade do solo, estrutura, dentre outros. Além disso, a morfologia das vertentes, declividade, comprimento de rampa e a erosividade das chuvas são fatores determinantes nesse processo. Os usos agrícolas e urbanos comumente resultam na alteração da agregação e estabilidade dos agregados do solo. Essa propriedade é considerada por alguns autores como importante indicador de qualidade do solo, tendo em vista o fato de que, quanto maior a agregação e a estabilidade desses, maior a resistência à erosão hídrica (BARBOSA et al., 1998; CHAVES; CALEGARI, 2001).

De acordo com AZEVEDO e DALMOLIN (2004), a formação dos agregados do solo depende dos fatores que promovem a aproximação das partículas primárias, e dos fatores que mantêm as partículas unidas contra as forças que tendem a separá-las. Os fatores que promovem a aproximação das partículas são: a floculação das argilas, processo físico-químico dependente do pH e dos cátions presentes na solução do solo e adsorvidos; processos físicos como a desidratação e a pressão exercida pelas raízes; e os organismos do solo. Segundo os referidos autores, os principais agentes que dão estabilidade aos agregados são: os argilominerais, os óxidos de ferro e alumínio e a matéria orgânica, além de microorganismos, os quais produzem substâncias que atuam como agentes estabilizadores ou funcionam como rede envolvendo os agregados do solo, como as hifas dos fungos associadas às pequenas raízes.

PERUSI (2005) afirma que os diferentes sistemas de uso e manejo do solo influenciam a formação e estabilidade dos seus agregados. O

intenso revolvimento das camadas superficiais, a maior incorporação da matéria orgânica, a constante movimentação de implementos agrícolas e o pisoteio dos animais contribuem para provocar alterações na estrutura do solo, que promovem a alteração de outras propriedades, como a densidade e a porosidade, resultando no comprometimento da capacidade produtiva deste recurso natural. Nessas condições, a qualidade estrutural do solo passa a ser uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade dos seus sistemas de uso e manejo.

Segundo KEMPER (1965) e KEMPER e CHEPIL (1965) apud CASTRO FILHO et al. (1998), podem ser utilizados como parâmetros de avaliação do tamanho dos agregados e do estado de agregação do solo o Diâmetro Médio Ponderado (DMP), o Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e o Índice de Estabilidade dos Agregados (IEA), os quais apresentam, cada qual, um princípio diferente: o DMP é tanto maior quanto maior for a porcentagem de agregados retidos nas peneiras com malhas maiores; o DMG representa uma estimativa do tamanho da classe de agregados de maior ocorrência; e o IEA representa uma medida da agregação total do solo, não considerando a distribuição por classes de agregados, e quanto maior a quantidade de agregados de diâmetro <0,25 mm, menor será o IEA.

CARPENEDO e MIELNICZUK (1990) apontam que solos submetidos a cultivos intensivos tendem a perder a estrutura original pelo fracionamento dos agregados maiores em unidades menores, com conseqüente redução dos macroporos e aumento dos microporos e da densidade. A magnitude de ocorrência destas alterações depende do tipo de solo e dos sistemas de manejo utilizados, sendo o efeito mais nocivo atribuído aos sistemas de manejo

que promovem o revolvimento intensivo do solo, o que afeta seu teor de matéria orgânica, um dos principais agentes na formação e estabilização dos agregados.

LACERDA et al. (2005) analisaram a estabilidade dos agregados de um Nitossolo Vermelho Distroférico textura argilosa submetido aos sistemas de manejo mata (MA), preparo convencional por dez anos seguido de semeadura direta por 12 anos (PCSD) e preparo convencional por vinte e dois anos (PC), e constataram que a substituição do preparo convencional pela semeadura direta favoreceu a estabilização dos agregados, embora as diferenças entre os índices de agregação não tenham sido significativas na mesma profundidade de amostragem. CASTRO FILHO et al. (1998) encontraram diferenças significativas entre os índices de agregação nos sistemas de plantio convencional e direto, sobretudo na profundidade 0 - 10 cm. Os aumentos relativos propiciados pelo plantio direto foram de 74 % para o DMP, de 70 % para o DMG, e de 10,4 % para o IEA, e estão diretamente relacionados com o maior acúmulo de matéria orgânica proporcionado por este sistema em relação ao plantio convencional.

Considerando o efeito do uso e manejo do solo em sua qualidade estrutural, este trabalho tem o objetivo de analisar a estabilidade dos agregados e o grau de alteração das propriedades físicas e químicas de solos da Microbacia do Ribeirão São Domingos, Santa Cruz do Rio Pardo, em diferentes sistemas de uso e manejo.

Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido na microbacia hidrográfica do Ribeirão São Domingos, Santa Cruz do Rio Pardo - SP (Figura 1). Sua área da microbacia é de 8.047,36 ha. O referido município possui superfície de 1.116 km² (IBGE, 2009), e que o ponto central da zona urbana apresenta as seguintes coordenadas geográficas: latitude 22°32'S e longitude 49°22'W, com altitude média de 480

m. Está localizado na Bacia Sedimentar do Paraná (IPT, 1981), no Planalto Ocidental Paulista, em terreno de rochas areníticas e basálticas (ROSS; MOROZ, 1997). 26" longitude WGr e 21° 18' 10" a 21° 12' 53" Latitude S, Datum horizontal Córrego Alegre, MG., com aproximadamente 8007,4 ha (Figura 1).

O clima é do tipo Cwa (mesotérmico, com chuvas concentradas no verão e verões quentes), segundo a classificação climática de Köppen (MIRANDA et al., 2009). O índice pluviométrico médio anual é de 1.475,3 mm. Os tipos de solo predominantes no município são: Latossolos Vermelhos (LV-1), Nitossolos Vermelhos (NV-1) e Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA-2) (OLIVEIRA et al., 1999), sendo os dois primeiros encontrados na microbacia objeto deste trabalho.

Para avaliação das propriedades físicas e químicas e da estabilidade de agregados, foram amostrados solos representativos de cinco sistemas de uso e manejo, característicos da área de estudo, na profundidade 0 - 20 cm:

- **Amostra 1 - CCA - Cultivo de cana-de-açúcar (22° 51' 00" S e 49° 39' 25" W):** realizado durante trinta e dois anos, desde a safra 1977/1978, sendo o último plantio realizado em setembro/2004, com média de cinco cortes por plantio, e quatro cortes até o ano 2009. A correção do solo é realizada na reforma do canavial e antes da rebrota, quando necessário, sendo a última aplicação de adubo nitrato 23-00-18 realizada em setembro/2008. Em subsuperfície, foi aplicado o gesso agrícola e realizada subsolagem antes do plantio. A colheita, aplicação de fertilizantes, defensivos agrícolas e demais manejos são mecanizados. As práticas conservacionistas adotadas são: terraços, sistematização de áreas e instalação de corredor vegetado em uma porção da fazenda de maior declividade e fragilidade do solo;

- **Amostra 2 - PA - Pastagem (22° 52' 71" S e 49° 38' 96" W):** cultivo de capim brizantão (*Brachiaria brizantha*), onde se desenvolve a pecuária de corte há vinte e sete anos, sendo que a última renovação da pastagem ocorreu há vinte anos. O pasto é adubado duas vezes ao ano com uréia 2420, em meses alternados, no período seco. Em período anterior à amostragem, foi aplicado esterco de galinha.

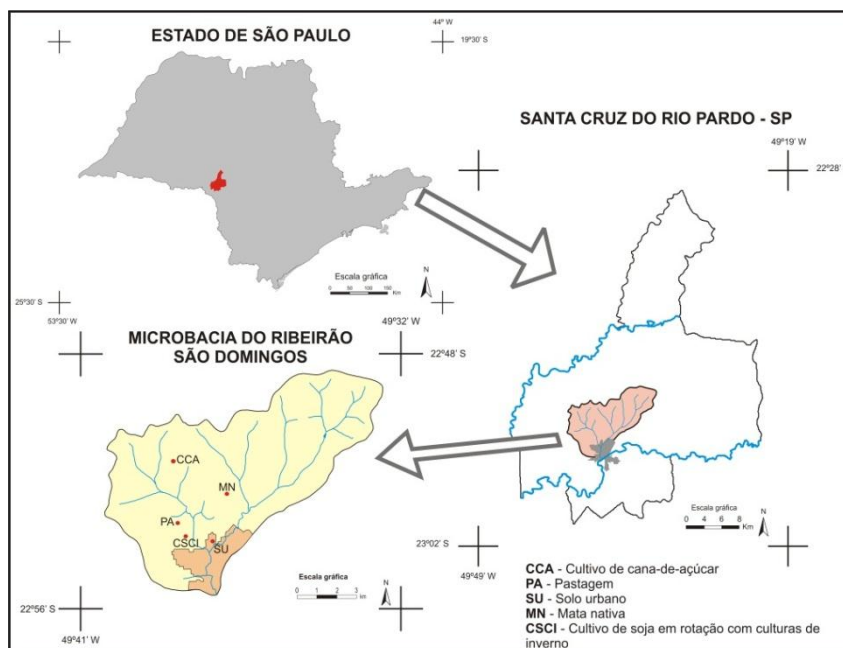


Figura 1. Localização do município de Santa Cruz do Rio Pardo no Estado de São Paulo, da microbacia do Ribeirão São Domingos e dos pontos de amostragem de solo. Organização: Demarchi (2009).

Na data da amostragem, havia sessenta cabeças de gado na propriedade. A circulação de máquinas agrícolas no pasto ocorre apenas durante a aplicação dos adubos;

- **Amostra 3 - SU - Solo urbano - bairro residencial (22° 53' 36" S e 49° 37' 97" W):** amostragem realizada em um corte de um terreno baldio, situado no Parque São Jorge, bairro residencial de baixo padrão socioeconômico, na periferia de Santa Cruz do Rio Pardo, com taxas de urbanização de 60 % e arborização de 1 %. É enquadrado na zona Z-2 (em consolidação) no Zoneamento Urbano do Plano Diretor do Município (PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA CRUZ DO RIO PARDO, 2006);

- **Amostra 4 - MN - Mata nativa (22° 52' 13" S e 49° 38' 16" W):** mata dividida ao meio pela Rodovia SP-327. Contêm espécies nativas, mas sofreu intervenção do homem, sobretudo na construção da rodovia e para extração de madeira para fins comerciais há aproximadamente duas décadas. Mesmo possuindo vegetação secundária, a amostragem

foi realizada para fins de comparação com os demais usos do solo, por apresentar-se em condições próximas a um sistema natural;

- **Amostra 5 - CSCI - Cultivo de soja em rotação com culturas de inverno (22° 53' 16" e 49° 38' 53" W):** a soja é cultivada há sete anos, desde a safra 2002/2003, e a cada ano é cultivada uma cultura de inverno, sendo o sorgo em 2007, a aveia em 2008, e o pousio em 2009, após a colheita da soja e a amostragem do solo. O preparo do solo para o plantio da soja é convencional (uma aração e uma gradagem), e as culturas de inverno são cultivadas em sistema de rotação de cultura, com a mínima mobilização do solo e manutenção dos restos culturais da soja. A adubação é realizada antes de todos os plantios, e a calagem a cada dois ou três anos, dependendo da produtividade. Embora o relevo seja ondulado a forte ondulado, todas as operações agrícolas são mecanizadas. A propriedade possui terraços para conter a erosão hídrica.

As informações sobre o uso e ocupação do solo, manejo, práticas conservacionistas,

grau de urbanização e outras informações pertinentes foram obtidos a partir de entrevistas com pessoal habilitado.

As amostras deformadas e indeformadas (anéis de Kopeck) foram submetidas a análises químicas e físicas. As propriedades analisadas foram: densidade da partícula (método do balão volumétrico), densidade do solo (método do anel volumétrico), Volume Total de Poros - VTP (calculado a partir dos valores de densidade da partícula e densidade do solo), textura (método da pipeta) (EMBRAPA, 1997), índice de acidez (pH em CaCl₂), teor de matéria orgânica, teor de fósforo (P) - resina, teores de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e hidrogênio + alumínio (H+Al), Soma de Bases (SB = K + Ca + Mg), Capacidade de Troca Catiônica (CTC = SB + H + Al), e Saturação por bases - V%, [V = 100.(SB/T)], conforme sistema IAC.

A estabilidade de agregados foi analisada através do tamisamento por via úmida das amostras de solo no aparelho de Yoder, segundo método descrito por KIEHL (1979). Os resultados, expressos nas classes 8 - 2 mm, 2 - 1 mm, 1 - 0,5 mm, 0,5 - 0,25 mm, 0,25 - 0,105 mm e <0,105 mm, foram utilizados no cálculo do Diâmetro Médio Ponderado (DMP), Diâmetro Médio Geométrico (DMG), Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) e Índice AGRI (porcentagem de agregados com diâmetro superior a 2 mm). Estes índices de agregação do solo foram calculados da seguinte maneira:

$$DMP = \sum (x_i \cdot w_i) \quad (1)$$

Resultados e discussão

A agregação e estabilidade dos agregados do solo são funções de algumas de suas propriedades físicas e químicas, sobretudo a matéria orgânica, os minerais de argila e os óxidos de ferro e alumínio. Como o uso e o manejo do solo, agrícola ou urbano, promovem a alteração destas propriedades, eles são responsáveis pela maior ou menor estabilidade dos seus agregados à ação das chuvas, dos

-Em que x_i é o diâmetro médio das classes (mm) e w_i é a proporção de cada classe em relação ao total, de acordo com YOUKER e MCGUINNESS (1956).

$$DMG = \exp \{ \sum [(\ln [x_i] \cdot [p_i])] / \sum [p_i] \} \quad (2)$$

-Em que $\ln[x_i]$ é o logaritmo natural do diâmetro médio das classes e p_i é o peso (g) retido em cada peneira, segundo CASTRO FILHO (2002).

$$IEA = \{(P.A. - w_{p<0,25}) / (P.A.)\} \cdot 100 \quad (3)$$

Em que PA = Peso da amostra; $w_{p<0,25}$ corresponde ao peso dos agregados da classe <0,25 mm, dado em gramas, segundo CASTRO FILHO (2002).

$$AGRI = w_{i>2} \times 100 \quad (4)$$

-Em que $w_{i>2}$ representa a proporção de agregados >2 mm, segundo WENDLING et al. (2005).

O mapa de uso do solo da microbacia do Ribeirão São Domingos foi gerado no SIG Idrisi Andes a partir da imagem do satélite Landsat-5, sensor Thematic Mapper, órbita-ponto 221/76, composição falsa-cor 543 de 04-05-2005, pelo método da classificação em tela. Para a atualização dos usos do solo, foram realizados trabalhos de campo em locais pré-determinados.

ventos e das forças mecânicas, como as realizadas no preparo do solo. Portanto, para analisar a estabilidade dos agregados dos usos do solo, faz-se necessário caracterizá-los física e quimicamente. Na Tabela 1 são apresentados os valores de densidade do solo, densidade da partícula e volume total de poros dos solos analisados, e na Tabela 2, os resultados da análise textural.

Tabela 1. Densidade do solo, densidade da partícula e Volume Total de Poros em diferentes sistemas de uso do solo

Uso do solo	Densidade do solo	Densidade da partícula	Volume total de poros (VTP)
	Kg dm ⁻³		%
Cana-de-açúcar (CCA)	1,58	2,41	35
Pastagem (PA)	1,41	2,33	39
Solo urbano (SU)	1,56	2,30	32
Mata (MN)	1,07	2,38	51
Soja/ Culturas de inverno (CSCI)	1,30	2,74	49

Tabela 2. Análise textural de amostras de solo em diferentes sistemas de uso.

Usos do solo	Areia	Silte g kg ⁻¹	Argila	g kg ⁻¹					Classe textural
				MF	F	M	G	MG	
CCA	494	99	407	65	299	116	11	3	Argilosa
PA	280	123	597	40	151	73	14	2	Argilosa
SU	367	107	526	78	213	66	7	3	Argilosa
MN	360	139	501	56	209	82	13	0	Argilosa
CSCI	224	280	496	60	110	42	10	2	Argilosa

Fracionamento da areia: MF: muito fina; F: fina; M: média; G: grossa; MG: muito grossa

Na Tabela 3 apresentam-se os valores das propriedades químicas dos sistemas de uso do solo analisados neste trabalho.

Tabela 3. Propriedades químicas dos solos em diferentes sistemas de uso

Uso do solo	pH em CaCl ₂	M. O.	P resina	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
		g dm ⁻³	mg dm ⁻³							
CCA	5,2	28	5	0,8	35	15	34	50,8	84,8	60
PA	4,9	31	4	1,1	18	7	38	26,1	64,1	41
SU	4,0	16	3	1,8	4	2	47	7,8	54,8	14
MN	5,0	32	6	1,7	20	10	34	31,7	65,7	48
CSCI	6,4	32	14	0,8	78	70	15	148,8	163,8	91

O solo sob uso CCA (Cultivo de Cana-de-açúcar) apresentou densidade do solo elevada e baixo volume total de poros (Tabela 1), se considerada sua classe textural argilosa com o predomínio da fração areia (Tabela 2).

Estas condições se devem ao tráfego de máquinas utilizadas nas operações agrícolas, à pequena mobilização do solo, uma vez que o canal foi renovado há cinco anos, e ao baixo teor de matéria orgânica, o qual promove a

agregação e aumento da porosidade do solo. Em relação aos atributos químicos, destaca-se a saturação por bases de 60 % e o pH relativamente alto (Tabela 3), sobretudo em razão da aplicação do gesso agrícola, que é fonte de cálcio e promove o aumento da sua capacidade de troca catiônica.

A área de pastagem (PA) apresentou densidade do solo inferior ao uso CCA (Tabela 1), mas elevada, considerando o intervalo proposto por KIEHL (1979) para solos de textura argilosa (1,0 a 1,25 kg dm⁻³), e consequentemente, porosidade total baixa, em razão do tráfego de máquinas agrícolas para a adubação, pisoteio pelo gado e ausência de mobilização do pasto, o qual foi renovado há vinte anos. Do ponto de vista das propriedades químicas, apresentou teor de matéria orgânica de 31 g dm⁻³ em função da decomposição das raízes do capim brizantão (Tabela 3), do esterco animal (gado e galinha), mas saturação de bases baixa, inferior a 50%, bem menor pH, em razão da ausência de manejo com cátions básicos.

O solo localizado na zona urbana (SU) apresenta suas propriedades originais descaracterizadas em razão da intervenção do homem para a urbanização. De textura argilosa (Tabela 1), este solo encontra-se compactado e com porosidade total muito baixa (Tabela 2), condição ideal para a construção civil, mas ruim do ponto de vista de sua conservação como recurso natural. Apresenta ainda teor de matéria orgânica ínfimo, pH extremamente ácido e baixa CTC e saturação de bases (Tabela 3). O baixo teor de matéria orgânica está de acordo com o previsto por DALMOLIN et al. (2006) para solos urbanos, mas o pH contraria sua estimativa, uma vez que os resíduos dos materiais de construção apresentam pH alcalino.

A área de mata nativa (MN) apresenta as melhores condições físicas entre os usos do solo abordados, com densidade do solo 1,07 kg

dm⁻³ e porosidade total de 51 % (Tabela 1). Tal condição é resultado da preservação das características naturais pela pequena intervenção antrópica e da ação da matéria orgânica presente nas raízes, na serrapilheira e na fauna do solo. Do ponto de vista dos atributos químicos, apresentou pH baixo (acidez alta), e saturação de bases de 48% (Tabela 3), sobretudo devido à não adição de adubos e fertilizantes, como ocorre nos solos agrícolas. É importante destacar que os solos tropicais são naturalmente ácidos devido ao processo de lixiviação.

O sistema de cultivo de soja e rotação com culturas de inverno (CSCI), de textura argilosa (Tabela 2) e de maior densidade da partícula entre os solos analisados (2,74 kg dm⁻³), apresentou densidade do solo pouco acima do limite superior adequado de densidade do solo para solos argilosos, e porosidade total próxima da composição ideal do solo (Tabela 1). Tais características se devem ao manejo do solo, com incorporação dos restos culturais da soja para o plantio das culturas de inverno, e ao preparo para o cultivo da soja, que rompe o selamento superficial e a camada compactada. Graças à adubação, realizada anualmente no preparo do solo, e à calagem, realizada a cada dois ou três anos no mesmo período, o sistema de manejo em questão apresentou teores elevados de cálcio e magnésio, soma de bases elevada e saturação de bases classificada como alta (GARGANTINI, 1966 citado por FREIRE, 2006), além de CTC bastante elevada (Tabela 3), superior ao valor máximo esperado para solos cauliniticos. Apresentando alta disponibilidade e capacidade de permuta de nutrientes, superiores aos atributos do uso MN, o que permite inferir que o manejo correto do solo promove a melhoria de suas propriedades físicas e químicas. Na Tabela 4 são apresentados os valores dos índices de estabilidade de agregados dos solos analisados.

Tabela 4. Diâmetro Médio Ponderado (DMP), Diâmetro Médio Geométrico (DMG), Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) e Índice AGRI dos solos amostrados.

Amostra	DMP (mm)	DMG (mm)	IEA (%)	AGRI (%)
Cana-de-açúcar (CCA)	1,619	0,601	64,64	25,84
Pastagem (PA)	4,121	2,961	92,88	79,72
Solo urbano (SU)	0,572	0,264	45,32	4,20
Mata (MN)	3,434	2,039	88,44	63,72
Soja/ Culturas de inverno (CSCI)	1,963	1,037	85,32	26,72

A análise dos índices de estabilidade dos agregados por tamisamento via úmida apresentados na Tabela 4 permite ordenar os sistemas de uso do solo na seguinte ordem decrescente de agregação e qualidade estrutural: Pastagem (PA), Mata nativa (MN), Cultivo de soja em rotação com culturas de inverno (CSCI), Cultivo de cana-de-açúcar (CCA) e Solo urbano (SU). Relacionando o índice AGRI, que avalia a porcentagem de agregados de diâmetro superior a 2 mm,

com os demais índices de agregação do solo, conclui-se que quanto maior a porcentagem de agregados retidos na classe 8 - 2 mm, maior será a agregação e a estabilidade destes agregados, e menor será sua suscetibilidade à erosão hídrica.

A Tabela 5 apresenta a distribuição dos agregados dos solos analisados em classes de tamanho, com valores expressos em porcentagem.

Tabela 5. Distribuição do tamanho dos agregados (%) em classes dos solos amostrados

Classe agregados	CCA	PA	SU	MN	CSCI
8 - 2 mm	25,84	79,72	4,2	63,72	26,72
1 - 2 mm	7,92	5,6	7,92	10,04	30,12
0,5 - 1 mm	11,12	4,0	12,12	7,48	13,12
0,25 - 0,5 mm	19,76	3,56	21,08	7,2	15,36
0,105 - 0,25 mm	26,12	3,16	35,8	6,76	8,96
0 - 0,105 mm	9,24	3,96	18,88	4,8	5,72

O solo sob cultivo de cana-de-açúcar (CCA) apresentou os segundos menores índices de agregação, e 55% dos seus agregados possuem diâmetro inferior a 0,25 mm (Tabela 5). Tais resultados decorrem do teor de argila deste solo (407 g kg⁻¹), inferior ao teor de areia (494 g kg⁻¹), mas, sobretudo, do reduzido teor de matéria orgânica e ao manejo adotado. A compactação deste solo, decorrente do tráfego de máquinas agrícolas, a falta de proteção da

superfície após a colheita anual, e o baixo teor de matéria orgânica, o deixam vulnerável à ação das chuvas, que promovem o entupimento dos poros e o salpico através do impacto, gerando escoamento superficial, transporte das partículas e redução da estabilidade dos agregados e da resistência aos processos erosivos.

O solo sob pastagem (PA) apresenta-se em melhores condições de agregação e

estabilidade dos agregados entre os sistemas de uso do solo analisados. O diâmetro estimado da classe de agregados de maior ocorrência, expresso pelo DMP, é de 2,961 mm; o solo apresenta 79,72% de seus agregados com diâmetro superior a 2 mm, e Índice de Estabilidade de Agregados de 92,88% (Tabela 4). Os principais fatores responsáveis pela elevada estabilidade dos agregados são: teor de argila elevado (597 g kg⁻¹) e, conseqüentemente, elevado teor de argilominerais; proteção da matéria orgânica do solo pela cobertura vegetal contra a desagregação pelo impacto das chuvas e variações bruscas de umidade; fornecimento de energia da matéria orgânica para a atividade microbiana, que produz substâncias responsáveis pela formação e estabilização dos agregados do solo; e efeito das raízes do capim brizantão no fornecimento de matéria orgânica ao solo e na redução do escoamento superficial da água pluvial.

Este resultado está de acordo com o obtido por WENDLING et al. (2005) em um Latossolo Vermelho cultivado por três anos com tifton (feno) seguido de um ano com soja, em sistema de plantio direto. Tal comportamento decorre do efeito tifton, que é uma cultura perene e possui alta relação C/N, o que lhe confere tempo de decomposição e de residência da matéria orgânica mais prolongado, acarretando maior conteúdo de carbono orgânico total ao solo e, portanto, maior estabilidade dos agregados. A estabilidade dos agregados do sistema PA é elevada, a despeito da possível compactação e redução da sua porosidade, e do baixo teor de cátions bivalentes, que são importantes agentes da agregação do solo.

O solo ocupado pela zona urbana (SU) apresenta índices de agregação muito baixos: apenas 4,2% de seus agregados possuem diâmetro superior a 2 mm (Tabela 5), apresenta IEA de apenas 45,32% e DMG de 0,264 mm, índice que reflete o tamanho médio da classe de maior ocorrência de agregados. A baixa estabilidade dos agregados ao tamisamento via

úmida pode ser explicada pelo teor reduzido de matéria orgânica e de cátions bivalentes, responsáveis pela agregação e estabilidade dos agregados, embora a textura seja argilosa (teor de argila de 526 g kg⁻¹). Como conseqüência, apresenta densidade do solo elevada e baixa porosidade, inferior ao limite mínimo de porosidade para solos argilosos de 40%, características que contribuem para o aumento da vulnerabilidade aos processos erosivos por dificultar a infiltração e facilitar o escoamento superficial da água pluvial.

A área de mata nativa (MN), amostrada para utilização como parâmetro de comparação com os demais sistemas de uso do solo por constituir um sistema próximo ao natural, apresentou índices de agregação inferiores ao uso PA, mas índices de estabilidade de agregados elevados, ou seja, DMP de 3,434 mm, índice AGRI de 63,72% e IEA, que mede o estado geral de agregação dos solos, de 88,44% (Tabela 4). Tais resultados podem ser explicados pela agregação do solo promovida pelas raízes da mata; pelo teor de matéria orgânica elevado, propiciado pela presença da serrapilheira, raízes e pela fauna do solo; pela cobertura vegetal densa, que além de proteger o solo contra o impacto da precipitação pluvial, previne a decomposição da matéria orgânica pela radiação solar; e pela ação antrópica quase nula.

O sistema cultivado de soja em rotação com culturas de inverno (CSCI) apresentou índices de agregação intermediários entre os solos analisados: apenas 26,72% de seus agregados possuem diâmetro superior a 2 mm (Tabela 5), e o tamanho médio da classe de maior ocorrência de agregados, expresso pelo DMG, é 1,037 mm (Tabela 4). Embora o teor de matéria orgânica apresentado por este solo seja relativamente elevado, em comparação aos demais usos, e os teores de cálcio e magnésio, agentes agregadores do solo, sejam classificados como "altos" (BUENO et al., 2007), a mobilização do solo no preparo para o plantio da soja, com aração e gradagem, e o tráfego de

máquinas nas operações agrícolas, podem ter promovido a pulverização dos agregados de maior tamanho. Ressalta-se ainda que a amostragem foi realizada quarenta dias antes da colheita da soja, quando o solo estava protegido pela parte aérea desta cultura.

O mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia do Ribeirão São Domingos (Figura

2), relativo ao mês de fevereiro/2009, aponta o predomínio do cultivo de cana-de-açúcar (36,7% da área total), das pastagens (31,5%), da mata ciliar (8,4 %), das áreas de solo exposto, em preparo para o plantio (6,9%), da zona urbana (6,1%) e das áreas de mata nativa (4,1%).

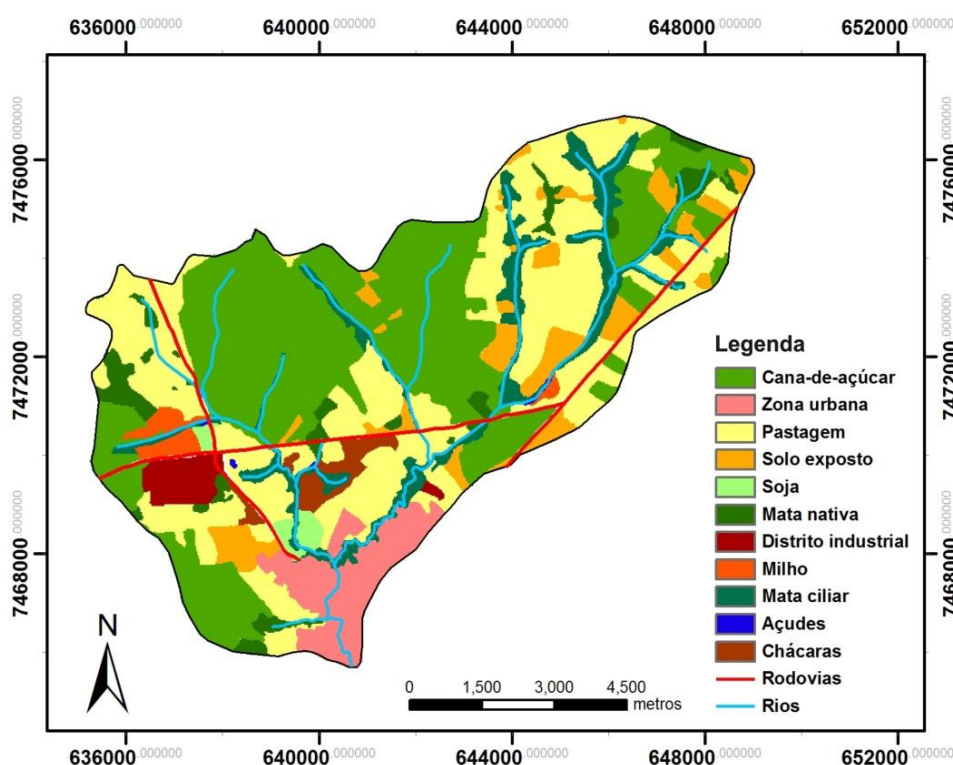


Figura 2. Mapa de uso e ocupação do solo da Microbacia do Ribeirão São Domingos. Elaboração: Demarchi e Pirolí (2009).

A análise do mapa, relacionada ao conceito de bacia hidrográfica e sua dinâmica natural, permite enfatizar a necessidade de adoção de sistemas de cultivo e manejo conservacionistas dos solos agrícolas, sobretudo nos cultivos de maior ocupação, como a cana-de-açúcar e as pastagens. Faz-se necessário também um ordenamento efetivo do uso do solo urbano, que promova a melhoria de sua

qualidade estrutural e a redução da perda por erosão, tendo como finalidade a conservação do solo e dos recursos hídricos da bacia hidrográfica. Destaca-se ainda a ausência de mata ciliar, sobretudo nas proximidades dos cursos d'água circundados pelas lavouras de cana-de-açúcar.

Conclusões

A análise da estabilidade dos agregados do solo em diferentes sistemas de uso, ocupação e manejo avaliados neste experimento permitem constatar que:

Em ordem decrescente de qualidade estrutural e resistência à erosão hídrica, os usos do solo analisados são assim ordenados: PA (pastagem), Mata nativa (MN), Cultivo de soja em rotação com culturas de inverno (CSCI), Cultivo de cana-de-açúcar (CCA) e Solo urbano (SU). Os principais fatores responsáveis pela estabilidade dos agregados foram: argila, matéria orgânica, cobertura vegetal e tipo de

uso e manejo do solo; orgânica, cobertura vegetal e tipo de uso e manejo do solo;

O uso do solo (MN) apresentou-se em melhores condições de porosidade e densidade do solo; o uso CSCI apresentou-se em boas condições químicas e de disponibilidade de nutrientes às plantas; o solo urbano (SU) possui o maior grau de alteração de seus atributos físicos e químicos, e apresenta baixos índices de agregação;

O uso e o manejo do solo provocam diferentes graus de alteração em suas propriedades químicas e físicas.

Referencias

AZEVEDO, A.C.; DALMOLIN, R.S.D. **Solos e Ambiente**: uma introdução. Santa Maria: Pallotti, 2004. 100p.

BARBOSA, Z.; BAHIA, V.G.; PAULA, M.B. Atuação da biota do solo na formação e estabilização de agregados e na estruturação dos solos, influenciando o controle da erosão. **Informe Agropecuário**, v.19, n.191, p. 59-65, 1998.

BUENO, O.C. et al. **Mapa de fertilidade dos solos de assentamentos rurais do Estado de São Paulo**: contribuição ao estudo de territórios. Botucatu: FEPAF, 2007. 77p.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, n.1, p.99-105, 1990.

CASTRO FILHO, C. Atributos do solo avaliados pelos seus agregados. In: MORAES, M. H.; MÜLLER, M.M.L.; FOLONI, J.S.S. **Qualidade física do solo**: métodos de estudo - sistemas de preparo e manejo do solo. Jaboticabal: Funep, 2002. p.21-46.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.3, p.527-538, 1998.

CHAVES, J.C.D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, v.22, n.212, p.53-60, 2001.

DALMOLIN, R.S.D.; PEDRON, F. A.; AZEVEDO, A.C. de. Modificações do solo em áreas urbanas. In: DALMOLIN, R.S.D.; AZEVEDO, A.C.; PEDRON, F.A. (Eds.). **Solos & Ambiente - II Fórum**. Santa Maria: Orium, 2006. p.9-25.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

FREIRE, O. **Solos das regiões tropicais**. Botucatu: FEPAF, 2006. 268p.

Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia v.4, n.2, Mai/Ago (2011)

Print-ISSN 1983-6325 (On line) e-ISSN 1984-7548

Demarchi et al. (2011)

- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 21abr. 2009.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1981. v.1. p.46-8; 62-78. Escala 1:500.000.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 264 p.
- LACERDA, N. B. et al. Efeito de sistemas de manejo na estabilidade de agregados de um Nitossolo Vermelho. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.3, p.686-695, 2005.
- MIRANDA, M.J. et al. **A classificação climática de Köeppen para o Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em 21abr.2009.
- OLIVEIRA, J.B. et al. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Campinas: EMBRAPA, 1999.
- PERUSI, M.C. **Discriminação de Argissolos e avaliação da estabilidade de agregados por vias seca e úmida em diferentes sistemas de uso e manejo**. Tese (Doutorado Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2005. 113 f.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA CRUZ DO RIO PARDO. **Plano Diretor Participativo: Macrozoneamento, Zoneamento Urbano e Zoneamento Rural**. Santa Cruz do Rio Pardo, 2006. 43p.
- ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: FFLCH-USP, 1997, p.41-2. Escala 1:500.000.
- WENDLING, B. et al. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40. n.5, p.487-494, 2005.
- YOUKER, R.E.; McGUINNESS, J.L. A short method of obtaining mean weight-diameter values of aggregate analyses of soils. **Soil Science**, v.83, n.4, p.291-294, 1957.