



Análise micromorfométrica de agregados de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes sistemas de cultivo

Micromorphometric analysis of aggregates in a oxisol under different cropping systems

Jucélio Marcos de Carvalho¹, Cassiano Cremon, Nilbe Carla Mapeli¹, Maria Cândida Moitinho Nunes¹, Wininton Mendes da Silva¹, Wellington de Azambuja Magalhães¹, Ademir Souza Santos¹

¹Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Departamento de Agronomia. Av. São João, s/n, Cáceres - MT, CEP 78.200-000. E-mail: juceliomarcos@hotmail.com

Recebido em: 23/06/2010

Aceito em: 25/04/2011

Resumo. O objetivo desse trabalho foi avaliar as características micromorfométricas de um Latossolo Vermelho distroférico sob influência de diferentes sistemas de cultivo: cana de açúcar, pastagem e mata nativa. Para isso delimitaram-se áreas de 2 ha das quais foram retiradas as amostras de agregados. Foram abertas trincheiras e coletados os agregados retidos no intervalo de 9,52 a 4,76 mm nas profundidades de 0,0-0,1 e 0,1-0,2 m. As análises dos agregados foram realizadas com auxílio de imagens digitais obtidas via *scanner* (400 dpi) em 60 agregados dispostos em um tabuleiro de furos desencontrados. As imagens foram posteriormente analisadas com o programa Quantporo. As características analisadas dos agregados foram: área, perímetro, aspecto e rugosidade. Os resultados demonstraram que o solo cultivado com cana-de-açúcar apresentou tendência à agregação nas duas camadas estudadas, porém apresentando maior parte dos agregados preponderantemente quadrados e lisos. O solo sob mata nativa apresentou agregados menores, porém, com características de mais arredondados e rugosos. O sistema com pastagem apresentou maior parte dos agregados com características de mais arredondados e lisos. A variável rugosidade mostrou-se sensível à mudança de uso do solo, apresentando modificações na estrutura externa dos agregados.

Palavras-chave. Estrutura do solo, imagens digitais, quantporo

Abstract. The objective of this study was to evaluate the micromorphometric characteristics of an oxisol under influence of different land use systems: sugar cane, pasture and native forest. To this were delimited within each area of 2 ha where we taken the samples of aggregates. Trenches was opened and collected the aggregates retained in the range from 9.52 to 4.76 mm in the layer of 0.0-0.1 and 0.1-0.2 m. The analyses of aggregates were conducted with the aid of digital images obtained by scanner (400 dpi) in 60 aggregates arranged in a board with holes mismatched. The images were analyzed with the QUANTPORO software. The characteristics of the aggregates analyzed were: area, perimeter, aspect and roudness. The results showed that sugar cane have tendency to aggregation in the two layers studied, although showing a majority of aggregates predominantly square and smooth. The native forest had smaller aggregates, but tending to be more rounded and rugged. The system with pasture had a majority of aggregates tending to be rounded and smooth. The variable roudness was shown to be sensitive to detecting changes in the land use, showing variation in the external structure of the aggregates.

Keywords. Soil structure, digital images, quantporo

Introdução

As propriedades físicas do solo influenciam na escolha do melhor manejo a ser adotado. O sucesso ou fracasso de projetos agrícolas ou de engenharia muitas vezes é dependente das propriedades físicas do solo utilizado. A ocorrência e crescimento de diferentes espécies vegetais e o movimento de água e solutos estão

diretamente relacionados às propriedades físicas do solo. A estrutura é uma propriedade física do solo, de grande importância para suas habilidades de suportar plantas e animais e moderar a qualidade do ambiente, pois influencia diretamente o movimento e retenção de água, erosão, encrostamento superficial, ciclagem de nutrientes, penetração de raízes, poluição da água



superficial e subterrânea e trocas gasosas com a atmosfera (Melo et al., 2008).

Os agregados são unidades secundárias formadas pela combinação de partículas minerais com substâncias orgânicas e inorgânicas, em decorrência das cargas elétricas superficiais das partículas coloidais (Melo et al., 2008). Segundo vários autores (Singer et al., 1992; Deneff et al., 2002; Six et al., 2004), a formação de agregados no solo obedece a uma dinâmica complexa de floculação das partículas sólidas e agregação, sendo o resultado da interação de diversos fatores, como, ambientais, sistemas de manejo, características das plantas e atributos do solo, como textura, composição mineral, teor de nutrientes, matéria orgânica e umidade.

Segundo Ghindin et al. (2006) os agregados do solo têm grande contribuição na dinâmica física do solo, sendo essencial seu estudo morfológico, como da forma por exemplo, os agregados esferoidais, principalmente os de menores tamanhos, que ocorrem com frequência nos Latossolos, deixam grande volume de macroporos no solo pois aumentam os espaços entre agregados.

A crescente expansão da atividade agropecuária na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso tem levado a questionamentos quanto à qualidade dos sistemas de manejo do solo utilizados na região. Um dos principais atributos do solo relacionados à sua qualidade é a formação de macroagregados estáveis, os quais são responsáveis pela estrutura do solo, entre outras propriedades importantes na dinâmica de ar e água no solo (Mielniczuk et al., 2003).

Neste sentido, várias técnicas vêm sendo desenvolvidas para melhor estudar a forma e o tamanho dos agregados, principalmente o grau de arredondamento ou de rugosidade da superfície externa (Olszewski et al., 2004). Tais aspectos micromorfolométricos são índices da qualidade do solo que podem interferir na dinâmica de ar e água no solo e interferir no desenvolvimento radicular das plantas, logo, podem servir futuramente como ferramentas que permitam fazer inferências sobre o efeito do manejo do solo no desenvolvimento das plantas.

Segundo Viana (2001) o avanço da tecnologia relacionado à informática permite a obtenção, processamento e quantificação de

imagens baseadas no uso de microcomputadores e de seus periféricos. Estes avanços fazem com que as etapas lentas do processo de análise de imagens em geral, como por exemplo, de agregados do solo, sejam efetuadas de forma rápida e automática. Isso torna o processo mais seguro uma vez que há menor dependência da análise manual das características relacionadas à forma do agregado.

Considerando o exposto, realizou-se este trabalho com o objetivo de caracterizar micromorfometricamente, os agregados de um Latossolo Vermelho distroférico com diferentes tipos de uso do solo.

Material e Métodos

Este trabalho analisou agregados coletados em um Latossolo Vermelho distroférico (Embrapa, 1999) localizado no município de Rio Branco, região sudoeste do Estado de Mato Grosso, no bioma Pantanal, com altitude média de 118 metros, longitude oeste 57°57'28" e latitude sul 15°28'40". Foram selecionadas três áreas com diferentes tipos de uso do solo: (a) solo sob mata nativa; (b) solo ocupado com pastagem de *Brachiaria brizantha*, em pastejo extensivo por bovino durante 10 anos, com lotação média de 0,8 unidades animal por hectare (UA ha⁻¹); (c) solo sob cultivo de cana-de-açúcar com colheita mecanizada.

A coleta dos agregados foi realizada no mês de fevereiro de 2009, em dois hectares delimitados dentro de cada ambiente, abrindo-se quatro trincheiras por tratamento, com dimensões aproximadas de 0,4 x 0,4 x 0,4 m. Os agregados foram amostrados nas camadas 0 a 0,1 e 0,1 a 0,2 m, sendo coletados os agregados retidos na faixa de 9,52 a 4,76 mm de diâmetro, separados por peneiramento, em movimentos de vai e vem por 10 vezes (Cremom, 2007).

Os agregados foram acondicionados em sacos de polietileno e secos ao ar por aproximadamente sete dias antes de serem submetidas aos procedimentos de avaliação micromorfolométrica.

As características química do solo de cada ambiente estudado, no perfil de 0 a 0,2 m, foram obtidas segundo Embrapa (1997) e são apresentadas na Tabela 1, as características granulométricas do solo na Tabela 2.



Tabela 1. Características químicas de um Latossolo Vermelho distroférico com diferentes usos do solo e mata nativa, nas camadas de 0-0,1 m e 0,1-0,2 m. Rio Branco - MT, 2010.

Sistemas	Camada	pH	P	K	Ca	Mg	M.O	CTC	V
		H ₂ O	mg dm ⁻³	---- cmol _c dm ⁻³ ----	g dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	%		
Cana	0-0,1	5,9	5,3	0,80	2,2	0,6	25,00	8,10	44
Cana	0,1-0,2	5,9	2,3	0,77	1,5	0,8	30,00	7,67	40
Mata	0-0,1	5,3	0,5	0,13	2,8	0,5	32,00	8,33	41
Mata	0,1-0,2	5,0	0,4	0,09	0,9	0,8	22,00	7,59	24
Pastagem	0-0,1	5,6	0,5	0,17	1,9	0,9	32,00	8,87	33
Pastagem	0,1-0,2	5,6	0,2	0,08	1,6	0,3	18,00	6,38	31

Tabela 2. Características granulométricas de um Latossolo Vermelho distroférico com diferentes usos do solo e mata nativa, nas camadas de 0-0,1 m e 0,1-0,2 m. Rio Branco-MT, 2010.

Sistemas	Camada	Areia	Silte	Argila
			----- g kg ⁻¹ -----	
Cana	0-0,1	560	60	380
Cana	0,1-0,2	560	60	380
Mata	0-0,1	600	100	300
Mata	0,1-0,2	600	100	300
Pasto	0-0,1	600	100	300
Pasto	0,1-0,2	600	80	320

O estudo dos agregados foi realizado segundo metodologia descrita por Cremom (2007). As imagens dos agregados foram obtidas com o uso de um *scanner* (HP 6100C, com capacidade de resolução ótica de 1.200 dpi) e o posteriormente, essas imagens foram processadas pelo programa computacional Quantporo (Fernandes Filho & Viana, 2001). Uma amostra de 60 agregados de cada ponto de amostragem foi distribuída sobre o scanner. Os mesmos foram separados mediante utilização de um tabuleiro com furos desencontrados para distribuição uniforme dos agregados na área de escaneamento.

O programa Quantporo tem a capacidade para processar e analisar diferentes imagens e de medir ou avaliar características morfológicas de objetos em geral. Para o estudo em questão, optou-se por uma resolução de 400 dpi para obtenção das imagens. Depois de obtidas, as imagens foram filtradas, por meio do filtro de mediana, que opera substituindo os valores referentes às cores de cada pixel, pelo valor da mediana dos pixels da vizinhança. Seu principal efeito consiste na redução de pixels isolados, grande parte destes ruídos ou artefatos, que ocasionam distorções principalmente nas medidas de borda dos agregados (Cremon, 2007).

Posteriormente à filtragem, utilizou-se do sistema de cores RGB na preparação das imagens para posterior análise, onde as cores são formadas a partir da combinação dos comprimentos de onda vermelha, verde e azul. Todas as imagens ainda foram convertidas em sua forma binária, ou seja, constituída apenas pelas cores pretas e brancas por meio do comando *threshold* do programa. A obtenção das imagens pode ser feita com o uso de qualquer programa de imagens para posterior processamento pelo Quantporo.

As características analisadas de cada agregado foram:

1. Área (cm²): é medida com o número de pixel do polígono e indica o estado de agregação do solo (capacidade de formação de agregados).

2. Perímetro (cm): é o comprimento da projeção do limite exterior do agregado e está diretamente relacionado com a área dos agregados.

3. Aspecto: fornece o resultado entre 0 e 1, e, quanto maior o valor, maior o grau de arredondamento. É calculado a partir da fórmula: $(4 \times \pi \times \text{área} / \text{perímetro}^2)$. É a forma do agregado e está relacionado com o efeito dos sistemas de cultivo sob a morfologia dos mesmos. Logo um agregado mais arredondado está relacionado a um

sistema de manejo mais agressivo, com maior revolvimento, e um agregado menos arredondado (preponderantemente quadrado), está relacionado com um sistema de cultivo com menor revolvimento, isso porque o arredondamento se dá pela quebra das arestas dos agregados.

4. Rugosidade: expressa as estrias do agregado, cujos valores variam entre os limites de

0 a 1, sendo que, quanto mais liso mais próximo de 1, e está relacionado com o efeito de pulverização dos agregados provocado pelo uso do solo, que causa o arredondamento (quebra das arestas).

A Tabela 3 mostra um esquema que ilustra a definição das características aspecto e rugosidade, quanto a sua forma geométrica.

Tabela 3. Representação esquemática das formas geométricas com seus respectivos valores de Aspecto (grau de arredondamento) e Rugosidade, obtidos por meio do programa Quantporo. UNEMAT/Cáceres, 2010.

Formas Geométricas	Aspecto	Rugosidade
	1,00	0,90
	0,85	0,80
	0,40	0,65

Os dados de micromorfometria foram submetidos ao teste de distribuição de freqüências, sendo as classes definidas segundo a fórmula de Stunges ($K = 1 + 3,22 * \log n$), posteriormente, as distribuições foram submetidas ao teste de Qui-Quadrado e teste de Mediana.

Resultados e Discussão

A distribuição de freqüência para área dos agregados na camada de 0 a 0,1 m, são apresentadas na Figura 1. Verificou-se que os agregados se distribuíram em oito classes distintas para todos os sistemas testados. As dimensões dos agregados variam de maiores que 0,059 cm² a menores que 0,55 cm² de área, dentro de uma faixa de peneiramento de 9,52 a 4,76 mm de diâmetro de malha. Analisando-se os dados de área dos agregados, observou-se diferença significativa ($p < 0,05$) na distribuição de freqüência para os diferentes tratamentos e camadas, segundo teste de Qui-Quadrado.

Na Figura 1 observa-se que os agregados da área com mata nativa apresentaram maior freqüência nas classes de menor área, concentrando maior número de agregados nas classes de 0,173-0,21 cm² e 0,059-0,155 cm² e nas classes de maior área, houve menores números de

agregados ocupado pela mata nativa. A área ocupada com pastagem apresentou maior freqüência de agregados na classe com área entre 0,231-0,268 cm² e 0,173-0,21 cm² e equiparando-se com freqüência de agregados obtidos na área ocupada com cana-de-açúcar, nas duas classes que vão de 0,268 a 0,351 cm². Já a área ocupada com a cultura da cana-de-açúcar, apresentou maior freqüência de agregados em classes de maior área, especialmente nas classes de 0,231-0,268 cm² e de 0,351 a 0,55 cm².

Os valores de menor tamanho de agregados encontrados na mata nativa devem-se, provavelmente, ao tipo de solo, com menor teor de argila em relação aos demais tipos de uso, nas duas camadas estudadas, e ao histórico da área, que sofre queimadas anuais no período de seca. O maior conteúdo de areia promove menor agregação neste ambiente e isso, associado a atividade de queima anual, que diminui o estoque de material orgânico aportado ao longo do ano, promove o endurecimento da superfície do solo, a redução da infiltração de água e da atividade microbiana, induzindo a uma diminuição no processo de formação de agregados (Garza & Blackburn, 1985; Spera et al, 2000).

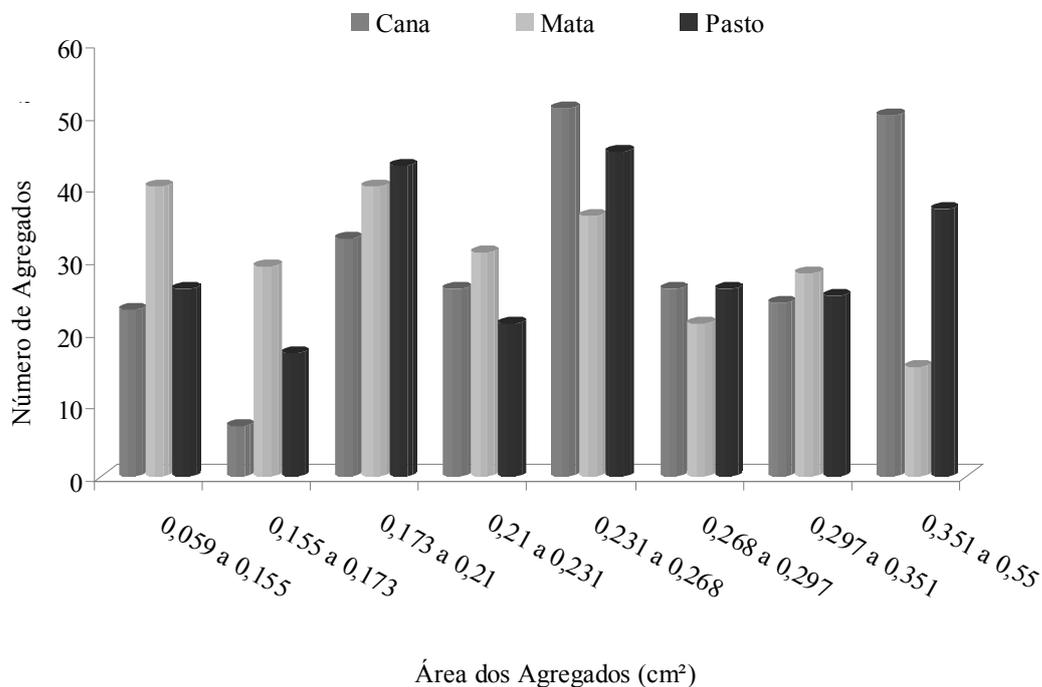


Figura 1. Frequência de agregados nas diferentes classes de área, em um Latossolo Vermelho distroférico com diferentes usos do solo e mata nativa, na camada da 0 - 0,1 m. Rio Branco - MT, 2010.

No caso da pastagem, que se destacou com maiores frequências nas classes de agregados com áreas intermediárias, pode ter explicação no desenvolvimento radicular da gramínea (*Brachiaria brizantha*) e ao adequado uso e manejo do solo, considerando que a taxa de lotação na área era de 0,8 UA ha⁻¹ abaixo da média encontrada na região. É importante ressaltar que o solo sob pastagem apresentou o mesmo teor de argila que mata nativa na camada 0-0,1 m, porém, teve comportamento diferenciado na agregação do solo. Talvez o uso racional do solo neste sistema e o longo período de não revolvimento (por mais de 10 anos) pode ter favorecido a formação de agregados na camada pela maior aproximação das partículas do solo dado pela ação de adensamento provocado pelo pisoteio animal e pela ação prolongada dos exudados radiculares e de microrganismos, além do acúmulo de matéria orgânica neste período, que permite o desenvolvimento da estrutura do solo no longo prazo (Silva & Mielniczuk, 1998; Silva, 2008; Salton et al., 2008).

A maior agregação no sistema com cana-de-açúcar pode estar relacionada a dois fatores: o maior teor de argila no solo deste ambiente em

comparação com os demais (Tabela 2); ao aporte de vinhaça ao longo de oito anos de cultivo.

O maior conteúdo de argila parece modificar de forma expressiva a composição mineralógica do solo deste ambiente, influenciando positivamente na capacidade de recuperação de sua estrutura, em função do efeito de agregação causado pelas argilas (Melo et al., 2008).

A aplicação de vinhaça também pode ter influenciado para maior agregação neste ambiente, pois de acordo com Camargo et al., (1983), a agregação das partículas de solo tratado com vinhaça ocorre principalmente, em função da mucilagem excretada pelos microrganismos que metabolizam açúcares de cadeia curta, presentes em grande quantidade na vinhaça, de tal forma que altas taxas de aplicação do resíduo, favoreceriam a aglutinação das partículas ao longo do tempo, promovendo aumento na sua estabilidade estrutural. A presença de agregados de maiores dimensões confere ao solo melhoria na relação ar-água, propiciando melhor desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Cremon et al., 2009).

Na distribuição de frequência para área dos agregados na camada de 0,1 a 0,2 m (Figura 2),

observaram-se pequenas modificações nas tendências de agregação nos sistemas de uso. Os agregados se distribuíram entre maiores que 0,068 cm² a menores que 0,658 cm² de área. A mata nativa apresentou maior frequência de agregados de menor área, concentrando-se nas classes de 0,068-0,174 cm² e 0,21-0,236 cm² e demonstrou significativo aumento no número de agregados nas três primeiras classes de menor área em relação a camada 0-0,1 m, reforçando a baixa agregação deste sistema.

A cana de açúcar teve maior frequência de agregados de maior área, concentradas nas classes 0,261-0,292 cm² e 0,406-0,658 cm² e observa-se um acentuado incremento no número de agregados nas quatro últimas classes (de maior área), indicando que o uso do solo neste sistema

está favorecendo a agregação do solo também em profundidade.

A pastagem apresentou uma distribuição de frequência uniforme dos agregados nas classes, apontando um acentuado aumento do número de agregados nas classes 0,327-0,406 cm² e 0,292-0,327 cm² de área, indicando uma leve tendência de maior agregação nesta camada em relação a camada 0-0,1 m. É importante ressaltar que para posteriores estudos, é necessário se trabalhar com profundidades maiores do perfil do solo, para obter melhores inferências sobre a capacidade de agregação do solo nos diferentes sistemas de uso, pois este trabalho demonstrou que as tendências a agregação se modificam acentuadamente em profundidade, sendo cada vez mais estáveis a medida que se distancia da camada superficial mais sujeita a modificação pelo uso do solo.

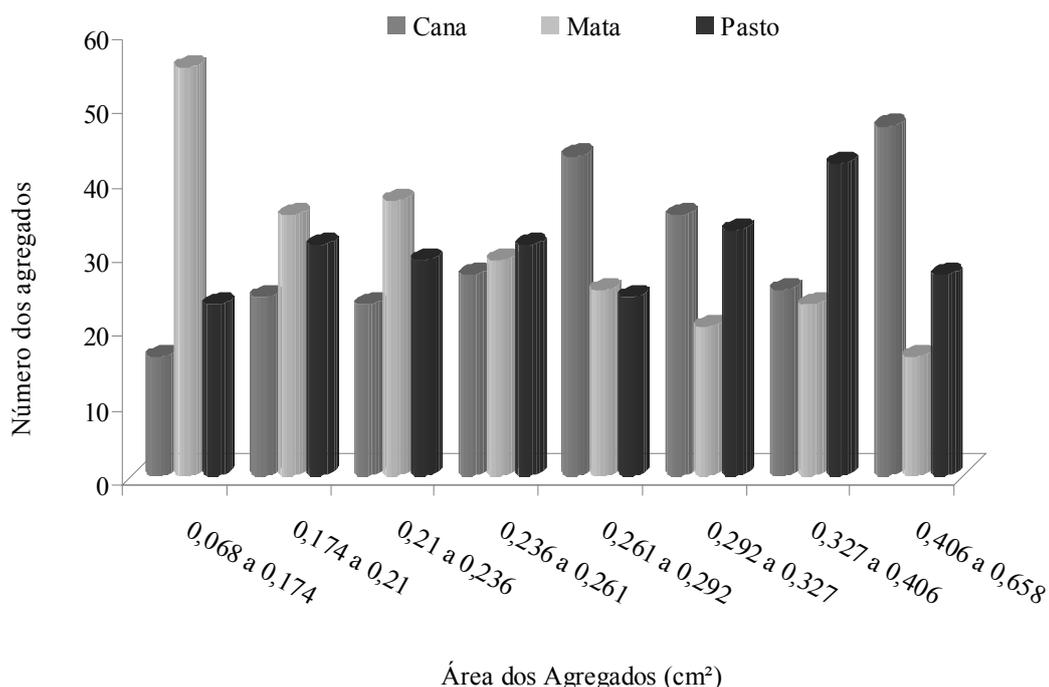


Figura 2. Frequência de agregados nas diferentes classes de tamanho, área em um Latossolo Vermelho distroférico com diferentes usos do solo e mata nativa. Na camada de 0,1 a 0,2m. Rio Branco-MT, 2010.

Na Figura 3a observa-se a distribuição dos agregados de todos os sistemas de cultivo para a variável perímetro, na camada de 0,0 a 0,1 m. Segundo o teste de mediana, a área ocupada com a cultura da cana-de-açúcar apresentou a maior frequência de agregados com maior perímetro ($p>0,01$), a mata nativa apresentou maior frequência de agregados com menor perímetro

($p>0,01$) e a pastagem frequência de agregados com menor perímetro ($p>0,01$). Tais resultados não condizem com a afirmação apresentada por Olszewski et al. (2004) que descrevem que sistemas de manejo que promovam menor revolvimento do solo devam apresentar maiores valores para a variável perímetro, graças a maior

proporção de agregados de tamanho e rugosidade externa maiores.

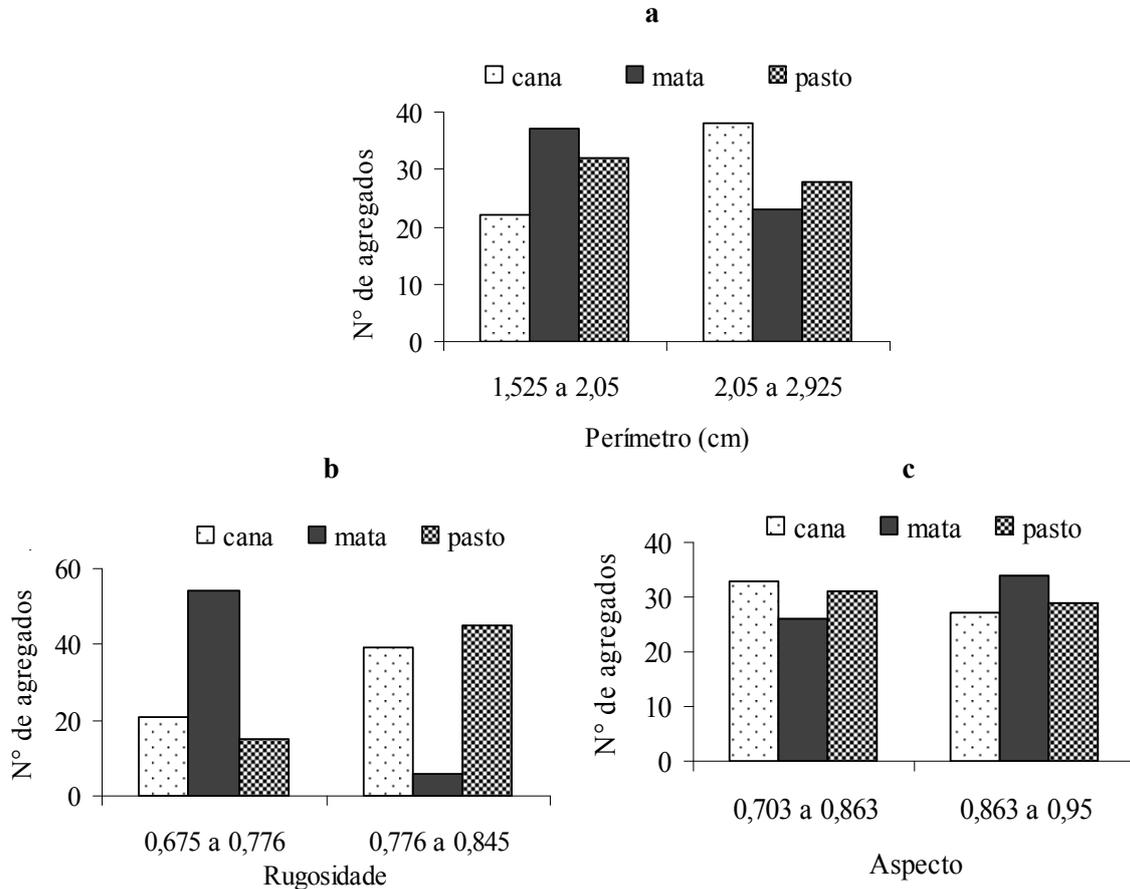


Figura 3. Perímetro (a), rugosidade (b), aspecto (c) dos agregados do intervalo de 9,52 a 4,76 mm, na camada de 0,0 a 0,1 m, separados segundo o teste de mediana.

Para a variável rugosidade (Figura 3b), que expressa o grau de arredondamento dos agregados e que quanto mais arredondado o agregado menos estrias ele possui, observa-se que o ambiente sob pastagem apresentou a maior parte dos agregados com índice de rugosidade entre 0,77 a 0,84 ($p>0,01$), tendendo a serem mais lisos, indicando um possível efeito do pisoteio animal na pulverização dos agregados e o início do processo de degradação da estrutura deste solo. O ambiente com cana-de-açúcar apresentou comportamento semelhante ao observado na área sob pastagem, indicando que o revolvimento do solo também contribui para a pulverização dos agregados e quebra de suas arestas. Segundo Olszewski et al. (2004) os sistemas de manejo do solo que promovem maior revolvimento do solo, provocam pulverização dos agregados, reduzindo a rugosidade de sua superfície externa.

Já a área sob mata nativa apresentou maior número de agregados com índice de rugosidade entre 0,67 a 0,77, sendo considerado mais rugoso ($p>0,01$), resultado esperado para este ambiente, devido a não intervenção antrópica, corroborando com os dados obtidos por Cremon et al. (2009). Segundo estes autores, os sistemas de manejo que promovem menor revolvimento do solo tendem a apresentar maiores valores de rugosidade externa dos agregados.

Para a variável aspecto (Figura 3c) não houve diferenças significativas pelo teste de mediana entre os ambientes de solo com diferentes ocupações. Em todos os sistemas ocorreu um equilíbrio entre o número de agregados de forma preponderantemente quadrados (0,70 a 0,86) e agregados tendendo ao arredondamento (0,86 a 0,95). Este equilíbrio pode estar relacionado ao não revolvimento do

solo (mata e pastagem), e à adição de matéria orgânica ao solo, como ocorre na área com cana-de-açúcar pela aplicação de vinhaça (Aguiar et al., 1992), na pastagem pela senescência das folhas e renovação das raízes e na mata, pela serapilheira e ausência de revolvimento do solo. Na camada

entre 0,1 a 0,2 m, a variável perímetro (Figura 4a), apresentou tendência de comportamento semelhante à apresentada na camada 0,0 m a 0,1 m, com diferenças significativas ao nível de ($p < 0,01$) pelo teste de mediana para cada ambiente.

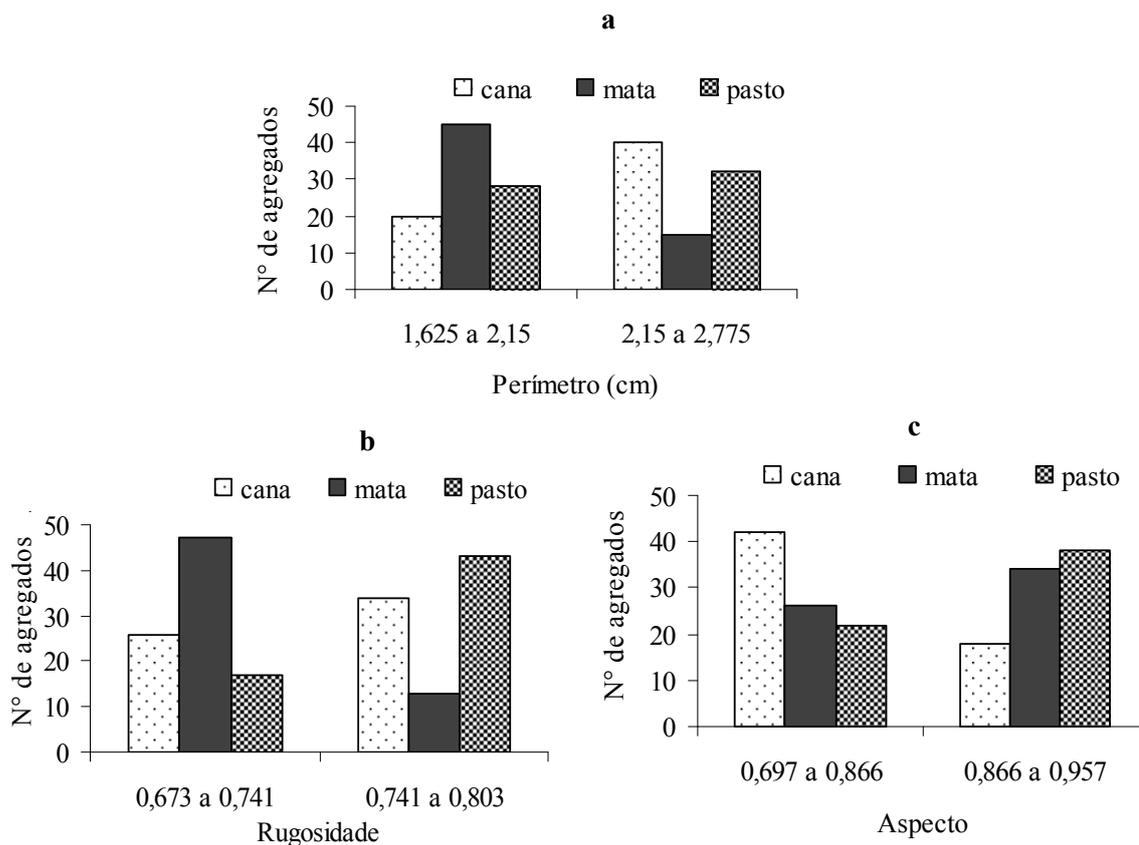


Figura 4. Perímetro (a), rugosidade (b), aspecto (c) dos agregados do intervalo de 9,52 a 4,76 mm, na camada de 0,1 a 0,2 m separados segundo o teste de mediana.

Para a variável aspecto, o ambiente com cana apresentou maior parte dos agregados de aspecto quadrado ($p > 0,01$) e a pastagem e mata nativa apresentaram maior parte dos agregados tendendo ao arredondamento ($p > 0,01$). Estes resultados não corroboram com o descrito por Olszewski et al., (2004), que para o índice de arredondamento, descrevem que os sistemas de manejo que provocam menor revolvimento do solo devem apresentar menores valores para esta variável, pois esta é dependente da medida de perímetro. Entretanto, este comportamento diferenciado do ambiente cana pode estar ligado a um maior efeito da aplicação da vinhaça nesta camada, associado ao maior conteúdo de argila no solo, em comparação aos demais ambiente e ainda

ao maior conteúdo de matéria orgânica nesta profundidade, favorecendo a agregação e formação de agregados maiores e com menores valores de arredondamento, o que é indicativo de uma recuperação e formação de boa estrutura do solo nesta camada (Camargo et al., 1983; Aguiar et al., 1992).

Ao analisar conjuntamente os dados de distribuição de frequência de agregados nos três ambientes estudados, na camada de 0,1-0,2 m (Figura 2) e os dados de aspecto dos agregados nos três ambientes, para a mesma camada (Figura 4c), observa-se que o ambiente com cana apresentou maior frequência de agregados de maior área ($> 0,261 \text{ cm}^2$), sendo assim, maior tendência a agregação, e a maior parte dos



agregados com aspecto preponderantemente quadrados (índice $<0,86$), já o ambiente de pastagem apresentou maior frequência de agregados entre as classes intermediárias (0,21 a 0,292 cm^2 de área), apresentando, portanto, menor tendência a agregação e, sendo maior parte dos agregados de aspecto arredondado (índice $>0,86$). A mata nativa, por sua vez, apresentou agregados de menor área com maior parte dos agregados de aspecto arredondado, ao analisar a mesma relação entre área e aspecto dos agregados nesta camada. Relação similar entre estas variáveis também foi observado para os agregados da camada de 0 - 0,1 m, na Figura 1 e Figura 3c, para área dos agregados e aspecto dos agregados, respectivamente. Considerando os resultados dessa relação entre área e aspectos dos agregados nas duas camadas estudadas, podemos inferir que a variável aspecto pode refletir o estado de agregação do solo, em que, quanto menor a área dos agregados a tendência é que tenham aspecto arredondado, e quando maior a área dos mesmos a tendência é que eles sejam quadrados. Assim, a variável aspecto pode constituir uma ferramenta de controle da qualidade estrutural de um solo sob sistemas de manejo.

Para a variável rugosidade na camada de 0,1 a 0,2 m (Figura 4b), o ambiente com mata, apresentou agregados com maior rugosidade ($p > 0,01$), comportamento semelhante a camada 0 a 0,1 m. O ambiente com pastagem apresentou agregados mais lisos também nesta camada ($p > 0,01$), demonstrando que o pisoteio dos animais esta direcionando a perdas na estrutura externa dos agregados, mesmo em profundidade. O ambiente com cana apresentou mais agregados lisos ($p > 0,01$), assim como apresentado na camada de 0-0,1 m para rugosidade, atribuídos possivelmente ao revolvimento do solo.

Analisando de forma conjunta os dados de aspecto e rugosidade dos ambientes das duas camadas avaliadas, observa-se primeiramente na camada de 0,1-0,2 m, que a cana apresentou maior quantidade de agregados preponderantemente quadrados ($p > 0,01$), segundo teste de mediana, e não apresentou na camada 0-0,1 m, diferença no aspecto dos agregados para os ambientes. No entanto, analisando os dados de rugosidade do ambiente com cana, observa-se a mesma tendência de aparecimento de agregados lisos, nas duas camadas estudadas.

Para pastagem e mata nativa na camada 0,1-0,2m, houve maior frequência de agregados com aspecto arredondado e sem diferença significativa para a variável aspecto na camada 0-0,1m, sendo que, para rugosidade foi observado diferença significativa entre os ambientes ($P < 0,01$), segundo o teste de mediana, no qual o ambiente com pastagem, assim como o ambiente com cana-de-açúcar, apresentou maior número de agregados lisos, e a mata nativa maiores números de agregados com menores índices de rugosidade e, portanto, mais rugosos.

Essa comparação entre aspecto e rugosidade dos agregados, nos permite inferir que a variável rugosidade é mais sensível à detecção de mudanças na estrutura externa dos agregados com a mudança de uso do solo, do que a variável aspecto, pois, mesmo na camada de 0-0,10m, mais atingida pelo manejo ou sistema de uso do solo, a variável rugosidade conseguiu detectar diferenças significativas nas mudanças na superfície externa dos agregados, e a variável aspecto não detectou diferenças para os ambientes.

Para a tendência de maior número de agregados quadrados na cana, tem explicação no uso da vinhaça na adubação, que pode estar potencializando a agregação do solo, onde mesmo com o revolvimento mais frequente, comparado a pastagem, este foi o ambiente que apresentou maior número de agregados com maior área e de aspecto quadrado, sendo o que mais favoreceu a agregação e a formação de agregados que garantam boa estrutura do solo. Os agregados formados neste ambiente tenderam a ser, em sua maioria, preponderantemente quadrados e lisos, indicando que as operações de manejo da cultura não estão influenciando na agregação do solo, mais estão induzindo a um processo de deterioração dos agregados pela pulverização dos mesmos, provavelmente pelo trânsito de máquinas.

A transferência de energia da pressão exercida pelo peso das máquinas parece influenciar na forma dos agregados, principalmente na camada superficial, amassando os agregados, mas não os quebrando, efeito que torna o agregado mais liso, pela pulverização durante o amassamento. Este comportamento reforça a hipótese de que a aplicação da vinhaça garante maior estabilidade dos agregados Aguiar et al. (1992) no ambiente com cana e maior capacidade de recuperação da estrutura do solo



após os distúrbios causados pelas operações de cultivo, visto que o ambiente de pastagem tem mais tempo sem revolvimento do solo e não obteve a mesma capacidade de recuperação de sua estrutura, nem mesmo em profundidade.

Conclusões

O ambiente de cana de açúcar apresentou maior tendência à agregação nas duas camadas estudadas, porém apresentando maior parte dos agregados preponderantemente quadrados e lisos.

O solo sob mata nativa apresentou agregados menores, porém tendendo a serem mais arredondados e rugosos.

O ambiente com pastagem apresentou maior parte dos agregados tendendo ao arredondamento e lisos.

A variável rugosidade mostrou-se sensível à detecção de mudanças na estrutura externa dos agregados com a mudança de uso do solo.

A variável aspecto pode refletir o estado de agregação e constituir uma ferramenta de controle da qualidade estrutural de um solo sob sistemas de manejo.

Agradecimentos

A Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) pelo apoio técnico e logístico e a FAPEMAT (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso) pelo financiamento do projeto que deu origem a este trabalho.

Referências

AGUIAR, M.A.; FREIRE, W.J.; ALBUQUERQUE, P.J.R. Caracterização física e química de dois solos tratados com vinhaça. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA; SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA DO CONE SUL, 1992, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. p.1067-1077.

CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S.; GERALDI, R.N. **Características químicas e físicas de solo que recebeu vinhaça por longo tempo**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983. 30p. (Boletim Técnico, 76).

CREMON, C.; ROSA JÚNIOR, E. J; SERAFIM, M. E.; ONO, F. B. Análise micromorfométrica de agregados de um Latossolo Vermelho

Distroférico sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum**, v. 31 n.1, p. 139 – 146, 2009.

CREMON, C. **Levantamento dos atributos de um inceptisol influenciados por diferentes sistemas de cultivo de arroz no norte da Itália**. 2007. Ano de obtenção: 2007. 87 p. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2007.

DENEF, K.; SIX, J.; MERCKX, R.; PAUSTIAN, K. Shortterm effects of biological and physical forces on aggregates formation in soil with different clay mineralogy. **Plant Soil**, v. 246, p.185-200, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FERNANDES FILHO, E.I.; VIANA, J.H.M. QUANTIPORO: um novo programa para tratamento e quantificação de imagens digitais para aplicações em ciência do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2001. 224p.

GARZA, N. E. JR.; BLACKBURN, W. H. The effect of Early Winter or Burning on Runoff, Sediment, and Vegetation in the Post Oak Savannah of Texas. **Journal Range Manage**, v.38, n.3, p.283-287, 1985.

GHIDIN, A.A.; MELO, V.F.; LIMA, V.C.; LIMA, J.M.J.C. Topossequências de Latossolos originados de rochas balsáticas no Paraná. I - Mineralogia da fração argila. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 30, p. 293-306, 2006.

MELO, V.F.; MOURA, R.; TOLEDO, F.H.; LIMA, V.C.; CHIDIN, A.A.; Morfologia de Agregados de Latossolos Bruno e Vermelho do Estado do Paraná, Avaliada por Imagens Obtidas



Em Scanner. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p. 85-99, 2008.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F.; DEBARBA, L. **Manejo de solo e culturas e sua relação com estoques de carbono e nitrogênio do solo**. In: CURTI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.S. & ALVAREZ V., V.H., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3, p.209-248.

OLSZEWSKI, N.; COSTA L. M.; FERNANDES FILHO E. I.; RUIZ, H. A.; ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C. Morfologia de agregados do solo avaliada por meio de análise de imagens. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28 n.1, p.901-909, 2004.

SALTON, JC; MIELNICZUK, J; BAYER, C; BOENI, M; CONCEIÇÃO, PC; FABRICIO, AC; MACEDO, MCM; BROCH, DL. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.11-21, 2008.

SILVA, A.P. **Física do solo** (Apostila). Piracicaba, 2008. Material extraído do livro “The Nature and Properties of Soils” – Nyle C. Brady, Ray R. Weil. – 13ª ed. Editora Prentice Hall.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 311-317, 1998.

SINGER, M.J.; SOUTHARD, R.J.; WARRINGTON, D.J.; JANITZKY, P. Stability of synthetic sand clay aggregates after wetting and drying cycles. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 1843-1848, 1992.

SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYSE, S.; DENEFF, K. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and organic matter dynamics. **Soil & Tillage Research**, v.79, p. 7-31, 2004.

SPERA, S.T.; REATTO, A.; CORREIA, J.R.; SILVA, J.C.S. Características físicas de um

Latossolo Vermelho-Escuro no cerrado de Planaltina, DF, submetido à ação do fogo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.9 p.1817-1824, 2000.

VIANA, J.H.M. **Análise de imagens micropedológicas com utilização do programa Quantpore e sua aplicação ao estudo de umedecimento e secagem em amostras de Latossolos**. Viçosa, MG: UFV, 2001, 70p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) – Universidade federal de Viçosa, 2001.