

## Indicadores da qualidade do solo numa área sob semeadura direta no Cerrado Mineiro.

**José Luiz Rodrigues Torres<sup>(1)</sup>; Marcos Gervasio Pereira<sup>(2)</sup>; Matheus Andrade Cunha<sup>(3)</sup>; Dinamar Márcia da Silva Vieira<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup> Professor do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) campus Uberaba -MG, Pós-doutorando no Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do solo (CPGA-CS) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Dept<sup>o</sup>, BR 465 km 7, Seropédica (RJ). CEP: 23890-000. E-mail: [jlrtorres@iftm.edu.br](mailto:jlrtorres@iftm.edu.br); <sup>(2)</sup> Professor Doutor em Ciência do Solo do Dept<sup>o</sup> de Solos da UFRRJ, Bolsista de Produtividade em Pesquisa 1D do CNPq. E-mail: [gervasio@ufrj.br](mailto:gervasio@ufrj.br); <sup>(3)</sup> Graduando em Engenharia Agrônoma pelo IFTM, e-mail: [matheusandrdecunha@hotmail.com](mailto:matheusandrdecunha@hotmail.com); <sup>(4)</sup> Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo IFTM, e-mail: [marcinha\\_0202@hotmail.com](mailto:marcinha_0202@hotmail.com)

**RESUMO:** As alterações ocorridas nos atributos físicos podem ser quantificadas através de indicadores da qualidade do solo, desde que estes sejam sensíveis ao manejo numa curta escala de tempo. Neste estudo objetivou-se avaliar a qualidade do solo através de índices de estabilidade de agregados (EA) e densidade do solo (Ds) numa área após doze anos sob semeadura direta. Com delineamento de blocos casualizados no esquema fatorial, utilizou-se cinco coberturas do solo (crotalária, milho, sorgo, braquiária e pousio), duas épocas (2002 e 2012), dois atributos físicos (estabilidade de agregados e Ds), três profundidades (0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m), com 4 repetições em parcelas de 63 m<sup>2</sup> (9,0 m de comprimento por 7,0 m de largura). Os melhores índices de agregação do solo foram constatados nas áreas cultivadas com Poáceas nas camadas superficiais até 0,20 m de profundidade no ano de 2002, antes de ocorrer à estabilização do sistema; através do índice de sensibilidade constatou-se que a estabilidade dos agregados na área aumentou após dez anos sob semeadura; as correlações significativas da Ds com diâmetro médio ponderado (DMP) e geométrico (DMG) evidenciam a importância deste atributo como indicador de qualidade do solo.

**Termos de indexação:** Densidade, agregação.

### INTRODUÇÃO

A qualidade física dos solos agrícolas pode ser afetada pelo sistema de manejo, contudo, esta qualidade não pode ser medida diretamente, mas pode ser inferida a partir de alguns atributos físicos que naturalmente são utilizados como indicadores da qualidade do solo, sendo que estes devem ter sensibilidade ao manejo numa escala de tempo que permita a verificação de suas alterações.

Entre os indicadores que têm sido utilizados com maior frequência estão a densidade do solo (Ds) e a estabilidade dos agregados (EA). Hickmann et al. (2012) destacam que nos sistemas convencionais de plantio ocorre redução da EA e

aumento da Ds na camada superficial, devido à aceleração da decomposição da matéria orgânica, que reflete negativamente na resistência dos agregados, quando comparados ao sistema de semeadura direta (SSD) e vegetação nativa, contudo, em maiores profundidades, estes atributos apresentam comportamento inverso ao da camada revolvida. No SSD a qualidade estrutural do solo é alterada à medida que os cultivos se sucedem, devido ao contínuo aporte de material orgânico através dos resíduos vegetais, a ação benéfica das raízes das plantas e a proteção oferecida à superfície do solo. Neste estudo objetivou-se avaliar a qualidade do solo através de índices de estabilidade de agregados e densidade do solo numa área após doze anos sob semeadura direta.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na área experimental do Instituto Federal do Triângulo Mineiro Campus Uberaba, em uma altitude de 795 metros.

No ano de 2000 realizou-se a calagem, subsolagem (0,45 m) e gradagens (aradora e niveladora) antes do plantio da área, que teve o solo caracterizado como Latossolo Vermelho distrófico, textura franco-argilo-arenosa, apresentando na camada de 0,0-0,20 m, 210 g kg<sup>-1</sup> de argila, 710 g kg<sup>-1</sup> de areia e 80 g kg<sup>-1</sup> de silte. Esta área esteve por mais de vinte anos sob plantio convencional.

O clima da região é classificado como Aw, tropical quente, segundo Köppen e apresenta médias anuais de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar na ordem de 1600 mm, 22,6°C e 68%, respectivamente. No ano de 2012 a precipitação total foi de 1780 mm.

O delineamento utilizado foi de blocos casualizados no esquema fatorial 5x2x2x3, com cinco tipos de cobertura do solo: crotalária (*Crotalaria juncea*), milho ADR 500 (*Pennisetum glaucum* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L.), braquiária (*Urochloa brizantha*) e pousio (vegetação espontânea), dois anos avaliados (2002 e 2012), dois atributos físicos (EA e Ds), três profundidades



(0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m), com 4 repetições em parcelas de 63 m<sup>2</sup> (9,0 m de comprimento por 7,0 m de largura).

As coberturas foram semeadas com 0,25 m entre as linhas e 25, 60, 25 e 50 sementes por metro de crotalaria, milho, sorgo e braquiária, respectivamente. Na área de pousio observou-se o domínio de Poáceas. As plantas foram dessecadas no pleno florescimento aplicando-se 1440g ha<sup>-1</sup> de glifosato + 600g ha<sup>-1</sup> de Paraquat.

Nos anos de 2002 e 2012 foram coletadas três amostras deformadas por parcela, com enxadão, nas profundidades de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m para análise da estabilidade dos agregados através do método descrito por Kemper e Chepil (1965). A partir dos valores de massa dos agregados foi calculado o diâmetro médio ponderado (DMP) (Equação 1), diâmetro médio geométrico (DMG) (Equação 2), índice de estabilidade de agregados (IEA) (Equação 3), O índice da porcentagem de agregados com diâmetro superior a 2 mm (AGRI) (Equação 4) e o índice de sensibilidade (Is) (Equação 5). Estes índices de agregação foram calculados da seguinte maneira:

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

Em que  $x_i$  é o diâmetro médio das classes (mm) e  $w_i$  é a proporção de cada classe em relação ao total (Castro Filho et al., 1998).

$$DMG = \exp \left\{ \frac{\sum [(\ln [x_i] \cdot \pi_i)]}{\sum [\pi_i]} \right\} \quad (2)$$

Em que  $\ln [x_i]$  é o logaritmo natural do diâmetro médio das classes e  $\pi_i$  é o peso (g) retido em cada peneira (Demarchi et al., 2011).

$$IEA = \left\{ \frac{P.A. - wp < 0,25}{P.A.} \right\} \cdot 100 \quad (3)$$

Em que PA = Peso da amostra;  $wp < 0,25$  corresponde ao peso dos agregados da classe <0,25 mm, em gramas (Castro Filho et al., 1998).

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

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

$$Is = as / ac \quad (5)$$

Em que Is é o índice de sensibilidade; as é o valor do DMP da área em cada cobertura no ano avaliado e ac é o valor do DMP da área de pousio (Bolinder et al., 1999).

A Ds foi determinada pelo método do anel volumétrico, nas profundidades de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. Nos dados foi realizada a análise de variância com auxílio do programa estatístico SISVAR, aplicando-se o teste F para significância e as médias comparadas pelo teste t de Student ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ano de 2000 avaliou-se a EA para caracterização da área e determinou-se DMP, DMG, IEA e AGRI do solo antes de iniciar o preparo para implantar o SSD (Tabela 1). Observou-se que estes índices foram superiores na camada superficial (0,00-0,10) e diminuíram significativamente ( $p < 0,05$ ) em profundidade, que comprova a desestruturação dos agregados que ocorre nas camadas superficiais deste solo, que pode ser justificado pelo longo período que esta área esteve sob cultivo convencional.

Todos os valores de DMP e DMG obtidos nos anos de 2002 e 2012 (Tabela 2) foram superiores quando comparados aos constatados no ano de 2000, pois os índices foram maiores onde existia cobertura vegetal, em todas as profundidades avaliadas, sendo que a menor diferença ocorreu na profundidade de 0,00-0,10 m onde havia a cobertura de crotalaria no ano de 2002, que provavelmente está relacionado ao sistema radicular pivotante da planta, mesmo assim, o índice obtido foi 14% superior ao menor valor observado no ano de 2000, indicando que está ocorrendo a reestruturação do solo, que se deve a ação das raízes e ao aporte do material orgânico ao longo dos doze anos de experimentação. Em 2012 ocorreu uma diminuição dos valores dos índices avaliados quando comparado aos observados em 2002, que se deve a estabilização e reestruturação dos agregados no solo depois de doze anos sem revolvimento área.

Os maiores índices de agregação (DMP, DMG, IEA e AGRI) ocorreram na profundidade de 0,10 m em todos os anos avaliados (2000, 2002 e 2012), sendo que estes índices foram significativamente ( $p < 0,05$ ) superiores na área com sorgo nos anos de 2002 e 2012, quando comparado às outras coberturas de solo, local este onde mais de 80% do sistema radicular das Poáceas se concentra durante seu desenvolvimento. Demarchi et al. (2011) avaliaram DMP e DMG, IEA e AGRI em cinco sistemas de manejo e observaram que os melhores índices ocorreram na área de pastagem (*Urochloa brizantha*) e mata nativa, que apresentaram os valores de 4,12 e 2,96 mm, 92,9 e 79,7% para pastagem e 3,43 e 2,04 mm, 88,4 e 63,7% para mata nativa. Justificaram que estes índices estão relacionados à maior agregação do solo promovida pelas raízes das plantas de cultivadas na área, proteção da matéria orgânica do solo (MOS) pela cobertura vegetal contra a desagregação pelo impacto das chuvas e variações bruscas de umidade.

O índice AGRI confirma o efeito da estruturação que ocorreu no solo ao longo do tempo, pois os

valores obtidos neste estudo estiveram sempre acima de 50%. D'Andréa et al. (2002) destacam que no SSD ocorre altos valores de DMG, IEA e reduzida AGRI e justifica ser devido à ausência de movimentação do solo nesse sistema e às maiores adições de MOS, que favorece a atividade microbiana e a estabilização dos agregados.

Analisando os valores de  $I_s$  calculados para DMP e DMG observa-se que todos aumentaram no ano de 2012, quando comparado aos outros anos (2000 e 2002) com exceção da área com milho, que manteve o valor próximo de um, isto significa que a EA aumentou após dez anos sob semeadura. Torres et al. (2005), nesta mesma área, na profundidade 0,05-0,10 m observaram que os melhores  $I_s$  calculados para DMP ocorreram na área de milho e o sorgo e o pior na área com Guandu.

Analisando os dados obtidos da  $D_s$  na camada superficial (0,0-0,10 m) que variaram entre 1,53 e 1,57 kg dm<sup>-3</sup> em 2002 e 1,55 e 1,62 kg dm<sup>-3</sup> em 2012, verificou-se que não houve diferenças ( $p < 0,05$ ) entre as coberturas e épocas avaliadas, contudo nas outras profundidades ocorreram diferenças significativas com valores variando entre 1,50 a 1,59 kg dm<sup>-3</sup> no ano de 2002, com exceção da área de milho (1,62) e pousio (1,64) na profundidade de 0,10-0,20 m. No ano de 2012 os valores variaram entre 1,46 e 1,66, sendo que as exceções ocorreram na área de braquiária de 0,10-0,20 m (1,66) e sorgo de 0,00-0,10 (1,62) e de 0,20-0,30 m (1,61). Os valores observados de  $D_s$  na área em 2002 e 2012 foram semelhantes aos registrados no ano de 2000, nas profundidades de 0,00-0,10 (1,62), 0,10-0,20 (1,60) e 0,20-0,30 m (1,58). Todos os valores, exceto os destacados, encontram-se abaixo de 1,60 kg dm<sup>-3</sup>, destacado por Silva e Rosolem (2001) como crítico para o desenvolvimento das culturas. Este comportamento indica que está ocorrendo o adensamento ou compactação do solo nas camadas subsuperficiais em todas as coberturas, devido às pressões resultantes do tráfego de máquinas pesadas ao longo dos anos, que são utilizadas no SSD.

A correlação negativa ( $p < 0,05$ ) entre  $D_s$  e DMP em 2000 e 2002 e com DMG em 2000 evidencia a diminuição da capacidade de aeração do solo, pois maior  $D_s$  em profundidade causa alteração na agregação do solo diminuindo DMP e DMG, que confirma o efeito da  $D_s$  sobre a estabilidade dos agregados (Tabela 3). A correlação significativa ( $p < 0,05$ ), positiva ou negativa da  $D_s$  com os outros parâmetros evidencia a importância deste atributo como indicador de qualidade do solo e sua sensibilidade às alterações causadas pelo manejo.

## CONCLUSÕES

Os melhores índices de agregação do solo ocorreram nas áreas cultivadas com Poáceas até 0,20 m de profundidade no ano de 2002, antes de ocorrer à estabilização do sistema.

A estabilidade dos agregados na área aumentou após doze anos sob semeadura.

As correlações significativas da  $D_s$  com DMP e DMG evidenciaram a importância deste atributo como indicador de qualidade do solo.

## REFERÊNCIAS

BOLINDER, M.A.; ANGERS, D.A.; GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R. The response of soil quality indicators to conservation manage. *Soil Science*, 79:37- 45, 1999.

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*, 22:527-538, 1998.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; FERREIRA, M.M. Atributos de agregação indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região dos Cerrados no sul do estado de Goiás. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26:1047-1054, 2002.

DEMARCHI, J.C.; PERUSI, M.C.; PIROLI, E.D. Análise da estabilidade de agregados de solos da microbiota do Ribeirão São Domingos, Santa Cruz do Rio Pardo/SP, sob diferentes tipos de uso e ocupação. *Rev. Bras. de Tecn. Aplicada nas Ciências Agrárias*, 4:07-29, 2011.

HICKMANN, C.; COSTA, L.M.; SCHAEFER, C.E.G.; FERNANDES, R.B.A.; ANDRADE, C.L.T. Atributos físico-hídricos e carbono orgânico de um argissolo após 23 anos de diferentes manejos. *Caatinga*, 25:128-136, 2012.

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregation. In: BLACK, C.A. ed. *Methods of Soils Analysis*. American Society of Agronomy, Madison, v.39, n.1, p.499 - 510 (Agronomy, 9), 1965.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25:253 – 260, 2001.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; FABIAN, A.J.; POLIDORO, J.C. Propriedades físicas de um solo de cerrado cultivado com diferentes coberturas vegetais em SSD. *Agronomia*, 39:55-64, 2005.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. *Pesquisa Agrop. Brasileira*, 40:487-494, 2005.



**Tabela 1.** Índices utilizados para avaliar a agregação do solo sob cultivo convencional (sem cobertura) no ano de 2000, em Uberaba-MG.

Cobertura m	DMP		DMG		IEA		AGRI	
	mm				%			
2000								
0,00-0,10	3,13 aA		1,69 aB		78,5		57,8	
0,10-0,20	2,56 bA		1,24 bB		75,5		45,1	
0,20-0,30	2,01 cA		0,93 cB		71,3		32,0	
CV (%)	5,08		8,64					

\* Significativo ( $p < 0,05$ ). Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna comparam profundidades e maiúscula na linha índices, não diferem entre si pelo teste t-Student ( $p < 0,05$ ). DMP = diâmetro médio ponderado; DMG = diâmetro médio geométrico; IEA = índice de estabilidade de agregados; AGRI = índice da porcentagem de agregados com diâmetro superior a 2 mm.

**Tabela 2.** Índices utilizados para avaliar a agregação do solo sob semeadura direta nos anos de 2002 e 2012, em Uberaba-MG.

Cobertura	DMP		DMG		IEA		AGRI		Is	
	Mm				%				-	
	2002	2012	2002	2012	2002	2012	2002	2012	2002	2012
Braquiaria										
0,00-0,10	4,17 bA	3,93 bA	3,13 bA	2,70 bA	91,7	90,6	81,0	76,2	1,0	1,1
0,10-0,20	3,75 aA	3,05 aB	2,55 cA	1,79 bB	90,3	88,5	70,8	55,0	1,0	1,7
0,20-0,30	3,36 bA	3,02 aA	2,01 aA	1,75 aB	85,0	88,5	62,1	54,5	1,1	1,5
Crotalaria										
0,00-0,10	3,57 cB	4,33 aA	2,34 cB	3,38 aA	88,4	89,4	66,4	85,5	0,9	1,2
0,10-0,20	3,74 aA	2,86 aB	2,50 bA	1,67 aB	89,5	87,5	71,0	49,8	1,0	1,6
0,20-0,30	3,08 cA	2,73 aA	1,74 dA	1,59 bA	84,8	85,0	55,9	46,0	1,0	1,3
Milheto										
0,00-0,10	4,54 aA	3,23 dB	3,86 aA	1,96 cB	94,9	97,2	89,5	79,2	1,1	0,9
0,10-0,20	3,46 aA	2,05 cB	1,98 cA	1,12 bB	80,1	96,8	65,8	30,8	0,9	1,1
0,20-0,30	3,50 bA	1,76 bB	2,25 bA	0,95 cB	89,3	96,2	65,1	24,5	1,2	0,9
Pousio										
0,00-0,10	4,11 bA	3,61 cA	3,05 bA	2,31 bB	92,2	90,4	79,7	68,9	-	-
0,10-0,20	3,79 aA	1,82 cB	2,56 cA	0,87 cB	89,1	77,6	72,3	27,7	-	-
0,20-0,30	2,96 cA	2,03 bB	1,61 dA	1,05 cB	81,4	83,8	53,3	32,0	-	-
Sorgo										
0,00-0,10	4,59 aA	4,34 aA	3,87 aA	3,34 aA	94,1	92,3	91,0	85,7	1,1	1,2
0,10-0,20	4,12 aA	2,49 bB	3,12 aA	2,00 bB	92,4	84,5	79,4	42,2	1,1	1,4
0,20-0,30	3,78 aA	2,83 aB	2,60 aA	1,56 bB	90,7	86,1	71,7	50,3	1,3	1,4
CV (%)	11,1		16,1							

\* Significativo ( $p < 0,05$ ). Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna comparam tratamentos (coberturas do solo) nas mesmas profundidades e maiúscula na linha comparam épocas (2002 e 2012), não diferem entre si pelo teste t-Student ( $p < 0,05$ ). DMP = diâmetro médio ponderado; DMG = diâmetro médio geométrico; IEA = índice de estabilidade de agregados; AGRI = índice da porcentagem de agregados com diâmetro superior a 2 mm; Is = índice de sensibilidade.

**Tabela 3.** Valores das correlações de Pearson entre os atributos físicos e coberturas do solo nos anos de 2002 e 2012, após introdução do sistema de semeadura direta em Uberaba-MG.

Variáveis	DMP			DMG		
	2000	2002	2012	2000	2002	2012
Ds	-0,59*	-0,01*	0,23*	-,051*	0,04*	0,36*
DMP				1,00 <sup>ns</sup>	0,95**	0,96**

Ds = densidade do solo; DMP = diâmetro médio ponderado; DMG = diâmetro médio geométrico. <sup>ns</sup> = Não significativo, \* e \*\* = significativo  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$  pelo teste t-Student, respectivamente.