

QUALIDADE ESTRUTURAL DE PLINTOSSOLO ARGILUVICO SOB MURUNDUS E PLANTIO DIRETO¹

Arthur Vieira de Santana², Khaico Henrique Mendonça³, Leonardo Bueno Mendes⁴, Yoná Serpa Mascarenha⁵, Felipe Corrêa Veloso dos Santos⁶, Vladia Correchel⁷. Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, 74001-970, Goiânia-GO. khaicoufg@gmail.com, leonardoagroufg@gmail.com, yonaserpa@hotmail.com, artusantana@hotmail.com, lasf.nara@gmail.com, vladiacorrechel@hotmail.com

Resumo: Com o aumento da demanda por alimentos busca-se atingir grandes produtividades das áreas agrícolas e para isso se faz necessário solos de boa qualidade física. Portanto este trabalho tem como objetivo determinar os índices de estabilidade de agregados e curva característica de retenção de água de um Plintossolo Argilúvico submetido a diferentes sistemas de manejo. O estudo foi desenvolvido no município de Jataí, GO, em uma área de Plintossolo Argilúvico, preservado quanto sua vegetação original caracterizada por murundus e uma área manejada sob plantio direto. Foram selecionadas três áreas para o desenvolvimento do presente estudo: cerrado nativo sendo avaliado no topo de murundus e entre murundus, sistema de plantio direto implantado há 15 anos e sistema de plantio direto implantado há 10 anos. Através da análise dos resultados concluiu-se que a adoção do sistema de plantio direto por 15 anos melhorou as condições físico-hídricas do Plintossolo Argiluvico órtico estudado.

Palavras-chave: Qualidade física do solo, Agregação do Solo, Curva de retenção de água

INTRODUÇÃO

Atualmente com o intuito de se aumentar a produtividade das áreas agrícolas para atender a grande demanda por alimentos, tem-se preocupado muito com a manutenção da qualidade do solo ou sua recuperação em áreas já degradadas. Vários fatores contribuem para a diminuição da qualidade estrutural do solo como, por exemplo, o intenso uso de maquinário,

¹ Revisado pelo orientador em 14/06/2011.

² Bolsista PIVIC/período 2010-2011. Graduando em Agronomia/EA/UFG. arthursantana@hotmail.com;

³ Bolsista PIVIC/período 2010-2011. Graduando em Agronomia/EA/UFG. khaicoufg@gmail.com

⁴ Bolsista PIVIC/período 2010-2011. Graduando em Agronomia/EA/UFG. leonardoagroufg@gmail.com

⁵ Bolsista PIBIC/período 2010-2011. Graduando em Agronomia/EA/UFG. yonaserpa@hotmail.com

⁶ Bolsista CT-HIDRO/CNPq. Pós-graduando no PPG em Agronomia/EA/UFG. felipecv Santos@hotmail.com

⁷ Orientadora dos co-autores no programa PIBIC/PIVIC/PRPPG/UFG. vladiacorrechel@hotmail.com

pisoteio de animais e preparo do solo com alto grau de umidade causando compactação. A compactação pode causar modificações na estrutura do solo, limitar a adsorção e a absorção de nutrientes, a infiltração e a distribuição de água e, por sua vez, resultar em problemas no estabelecimento e no crescimento de raízes (EMBRAPA, 2007). Esta limitação é originada por alterações em atributos físicos do solo, como aumento da densidade e da resistência à penetração, diminuição da porosidade e de modificações na continuidade dos poros.

Determinar e quantificar a qualidade do solo é uma tarefa bastante difícil, já que ela depende de uma série de fatores químicos, físicos e biológicos que se modificam ao longo do tempo de acordo com o manejo e uso do solo. A definição de qualidade do solo exige uma série de conhecimentos do solo associados aos ecossistemas e ao tempo.

Conforme Doran e Parkin (1994) e Larson e Pierse (1994), algumas definições de qualidade do solo têm sido propostas. Comum a todas é a capacidade do solo em exercer uma determinada função no presente e no futuro. De uma forma ampla, a qualidade do solo tem sido definida como “a capacidade de um tipo específico de solo em seu meio natural ou modificado de exercer várias funções como sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde humana, de plantas e de animais” (KARLEN et al., 1997), ou, ainda, simplesmente, como sendo a “habilidade para o uso” (LARSON e PIERCE, 1994).

Entretanto, sabe-se que nenhum solo exerce satisfatoriamente todas estas funções, algumas das quais ocorrem em ambientes naturais e outras são resultados das modificações humanas (GOVAERTS et al., 2006).

Percepções do que seria um “bom solo” variam e são dependentes das prioridades individuais com relação às suas funções (DORAN e PARKIN, 1994; SHUKLA et al., 2006). Uma “alta qualidade de solo” significa a manutenção de uma maior produtividade com mínima degradação do solo e do ambiente (GOVAERTS et al., 2006).

Dessa forma conhecimento da qualidade física do solo é de extrema importância para avaliação do nível de degradação imposta pelo uso agrícola e para estabelecer estratégias de utilização e manejo sustentável. Alguns dos mais frequentes parâmetros utilizados como indicadores de qualidade física do solo são: a resistência tênsil de agregados, a densidade do solo, porosidade do solo, estabilidade de agregados, resistência mecânica a penetração, a curva de retenção da água no solo, condutividade hidráulica, curva de compressibilidade, intervalo hídrico ótimo e a textura do solo (STOLF, 1991; TORMENA & ROLOFF, 1996; DIAS JUNIOR & ESTANISLAU, 1999; SECCO et al., 2005; EMBRAPA, 2007; LIMA et al., 2007; SILVA et al., 2008; CARNEIRO et al., 2009).

Neste estudo discutiremos dois dos mais importantes atributos físicos do solo: estabilidade de agregados e curva característica de retenção de água.

A agregação refere-se à ligação entre as partículas primárias do solo, resultante da ação de agentes cimentantes e de forças coesivas (LIMA et al., 2007).

A estabilidade dos agregados varia com as características inerentes ao solo e com os sistemas de manejo. Solos que sofreram intenso revolvimento provocam a quebra de agregados, podendo reduzir drasticamente a estabilidade de agregados. Com o rompimento dos agregados, a matéria orgânica que estava em seu interior é desprotegida, acelerando seu processo de decomposição, diminuindo cada vez mais a resistência destes agregados (JORGE, 1986; BRADY, 1989; EMBRAPA, 2007).

A estabilização e formação de macroagregados são observadas com maior frequência em solos com maior teor de matéria orgânica devido ao seu alto poder cimentante. Segundo (EDWARDS & BREMMER, 1967) a formação de microagregados origina-se da reação entre moléculas orgânicas, cátions polivalentes (Fe, Al e Ca) e partículas de argila. Estes cátions funcionam como pontes ligando a argila à matéria orgânica do solo. Desta forma, sistemas que promovam aporte de matéria orgânica e reduzam ou eliminem o revolvimento do solo favorecem a formação e a estabilidade de agregados, proporcionando o predomínio de macroagregados.

Outra propriedade física essencial para a determinação da qualidade de um solo é a curva característica de retenção de água ela representa a relação entre o teor de água e a energia com a qual ela está retida. O conteúdo de água retido em determinado potencial decorre da estrutura e da distribuição dos tamanhos de poros.

A curva de retenção de água permite obter relações de dependência entre os coeficientes das equações matemáticas que a descrevem com diferentes propriedades do solo como textura e C orgânico, a área superficial específica e a densidade do solo (REICHARDT & TIMM, 2004).

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo determinar os índices de estabilidade de agregados e curva característica de retenção de água de um Plintossolo Argilúvico submetido a diferentes sistemas de manejo.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização das áreas de amostragem

O estudo foi desenvolvido no município de Jataí, GO, em uma área de Plintossolo Argilúvico, preservado quanto sua vegetação original (Cerrado *Stritu sensu*, com diversas espécies arbustivas e gramíneas) caracterizada por murundus e uma área manejada sob plantio direto. O local estudado fica a 17° 57' 59" S, 52° 04' 35" W, a 872 m de altitude média, na microbacia do Rio Claro no município de Jataí, próxima ao Rio Ariranha.

O clima da região é do tipo Cw (classificação de Köppen) caracterizado como mesotérmico, com estação seca e chuvosa bem definidas. A temperatura média anual varia de 18 a 32°C, com maior frequência ao redor de 25°C, verificando-se nas partes mais baixas da região a ocorrência de temperaturas até 26°C, podendo chegar a 22°C nas partes mais elevadas. O período chuvoso estende-se de novembro a maio, no qual são registrados mais de 80% do total das chuvas do ano.

O pico de chuvas ocorre entre dezembro e janeiro (média superior a 300 mm), com declínio a partir de março e menor índice pluvial em julho e agosto. A precipitação média anual de 1650 mm (com variação espacial gradual, sem presença de núcleos chuvosos muito diferenciados na área de estudo). O fenômeno “veranico” ocorre, em geral entre janeiro e março e costuma durar de dez a quinze dias.

Nessa região, foram selecionadas três áreas para o desenvolvimento do presente estudo e, em cada área, a amostragem do solo foi realizada de modo aleatório dentro de uma quadrícula de 1 ha com espaçamento médio de 10 m entre os pontos e 0,5 m entre as réplicas. As áreas de amostragem são caracterizadas a seguir:

Cerrado nativo sendo avaliado no topo de murundus (M): essa área está localizada na parte superior de uma formação murundus, que não sofreu intervenção antrópica até o momento. Apresenta vegetação típica de cerrado *stritu sensu*, onde se observa intensa atividade de cupins em murundus de altura aproximada de 2m e diâmetro de 5m; e entre murundus (EM): essa área está localizada na posição mais baixa da formação murundus, apresentando vegetação gramínoide rasteira, solo muito úmido e não sofreu ação antrópica.

Sistema de plantio direto (SPD) implantado há 10 anos (PD10): Área de murundus sistematizada, cultivada com pastagem, incorporada ao sistema de plantio direto (1998/1999) em que recebeu 6 t ha⁻¹ de calcário dolomítico incorporado ao solo por aração e gradagem. No plantio inicial aplicou-se 0,6 t ha⁻¹ de fosfato reativo (33% P₂O₅) e a partir de

1999, o revolvimento do solo em área total não foi mais realizado. Nessa área a rotação de culturas é realizada com soja na safra e milho na safrinha, obtendo-se uma produtividade em torno de 3,4 e 6 t ha⁻¹, respectivamente, nos primeiros anos.

Sistema de plantio direto implantado há 15 anos (PD15). Histórico similar ao PD10, porém, a sua incorporação ao SPD ocorreu em 1994, quando estava ocupada por pastagem nativa degradada. Em 1994 foram aplicadas 3t ha⁻¹ de calcário dolomítico incorporado por aração e gradagem, tendo recebido no plantio inicial 1t ha⁻¹ de fosfato reativo (33% P₂O₅) e 2 t ha⁻¹ de gesso. A partir de 1996, o solo não foi mais revolvido e tem-se utilizado na área a sucessão das culturas soja (safra) e milho (safrinha), obtendo-se produtividades em torno de 3,4 e 6 t ha⁻¹, respectivamente.

Estimativa do IEA, DMP e DMG

A amostragem do solo nos diferentes sistemas foi efetuada no ano agrícola 2009/2010. Em cada sistema foram abertas dez mini trincheiras (repetições) com 0,15 m de profundidade x 0,40 m de largura x 0,40 m de comprimento, coletando-se blocos de 0,15 m x 0,15 m x 0,15 m, que foram acondicionados de modo que não sofressem deformação. Para determinação das análises químicas foram retiradas sub-amostras dos blocos usados para a análise da estabilidade de agregados.

Para isto, foi usado o material que passava na peneira (20 cm de diâmetro) com malha de 4 mm e ficava retido na peneira de (20 cm de diâmetro) com malha de 2 mm. A estabilidade de agregados foi obtida por meio do tamisamento via úmido, conforme Yoder (1936), após o pré-umedecimento lento por capilaridade durante 10 minutos. Foi usado um conjunto de peneiras com aberturas de malhas com 2,00 mm; 1,00 mm; 0,50 mm; 0,25 mm e 0,105 mm, sendo estas levadas para o aparelho de oscilação vertical, graduado para uma amplitude de 4 cm de altura e frequência de 40 oscilações por minuto, submetidas ao peneiramento úmido por 10 minutos (EMBRAPA, 1997).

Quantificou-se o solo retido em cada peneira obtendo-se, assim, cinco classes de tamanho de agregados. A separação de areias foi feita com o auxílio de dispersante químico (NaOH a 1 N). A determinação de textura foi efetuada pelo método do densímetro com uso de água destilada conforme descrito em Embrapa (1997).

O índice de estabilidade de agregado do solo foi calculado conforme descrito em Castro Filho et al. (1998):

$$IEA = \frac{\text{Peso da amostra seca} - \text{wp25} - \text{areia}}{\text{Peso da amostra seca} - \text{areia}} 100$$

Em que, wp25 = peso dos agregados < 0,25 mm (g), areia = peso de partículas de diâmetro entre 2,0 – 0,053 mm (g).

O diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) e o diâmetro médio geométrico (DMG) foram calculados para cada tratamento de acordo com Kemper & Rosenau (1986):

$$DMP = \sum_{i=1}^n x_i w_i$$

Em que, w_i = proporção de cada classe de agregados em relação ao total; x_i = diâmetro médio de cada classe de agregados e:

$$DMG = \exp \left[\frac{\sum_{i=1}^n w_i \log x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right]$$

Em que, w_i = peso de agregados (g) dentro de uma classe de agregados de diâmetro médio x_i.

Para a determinação do índice de flocculação foi utilizada a equação:

$$IF = \frac{T - A}{T} 100$$

sendo:

IF = Índice de flocculação (%);

T = Fração argila total (%)

A = Fração argila dispersa em água (%)

Determinação da curva característica de retenção de água:

Para a determinação da curva característica de retenção de água coletou-se vinte amostras indeformadas (anéis de 98,12 cm³) na camada de 0-10cm, para cada sistema de uso, com o amostrador de Ulhand. Realizaram-se determinação da densidade do solo pelo método do anel volumétrico e análises granulométricas (textura) pelo método do densímetro de Bouyoucos utilizando-se NaOH e Hexametáfosfato de Na como dispersante e teor de matéria orgânica conforme descrito em Embrapa (1997).

Para estimar a curva de retenção de água no solo as amostras foram coletadas com anel volumétrico conforme metodologia descrita em Embrapa (1997) na camada de 0- 10 cm. Determinou-se a umidade nas tensões de 0, 1, 3, 6, 10, 35, 84, 611 e 1515 kPa (SILVA et al., 2006) utilizando uma câmara extratora de Richards com membrana de placa porosa. Os dados

de retenção da água do solo foram ajustados a uma curva, pela equação de Van Genuchten (1980), que é dada por:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha h)^n]^m}$$

Em que, θ , θ_s e θ_r são, respectivamente, os conteúdos de água do solo correspondentes à tensão h , à saturação e à umidade residual, em kg kg^{-1} , h é a tensão matricial da água do solo, em kPa , n é parâmetro empírico adimensional de ajuste e α um parâmetro expresso em kPa^{-1} . Os coeficientes θ_s , θ_r , α e n da equação de Van Genuchten (1980) foram estimados pelo método dos quadrados mínimos não lineares.

Análise estatística dos dados

A análise dos dados ocorreu por meio da análise de variância, teste de Tukey (5% de probabilidade) para comparação de média usando o programa Assistat (SILVA & AZEVEDO, 2002) e análise de regressão linear. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com 10 repetições em cada tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 observa-se que as áreas de estudo apresentaram diferenças texturais. Na área de murundu a textura é muito argilosa, enquanto que nas outras, a classe é argilosa.

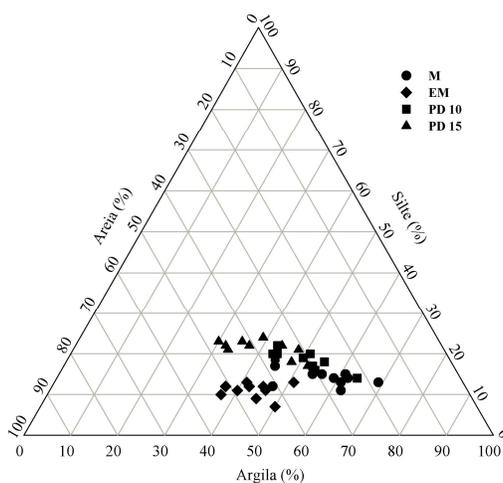


Figura 1. Variação da classe textural do Plintossolo Argilúvico nas áreas de amostragem: M = murundu, EM = entre murundus, PD 10 = plântio direto há 10 anos, PD 15 = plântio direto há 15 anos.

A agregação e a estabilidade dos agregados em água são influenciadas pelos diferentes sistemas de manejo. Na tabela 1 estão representados os valores médios de DMG, DMP, IEA, IF do solo em cada área analisada.

Tabela 1. Índice de estabilidade de agregados (IEA), diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP) de Plintossolo sob diferentes usos.

	M	EM	PD10	PD15	CV
IEA, %	93 b	89 c	99 a	99 a	3,34
DMG, mm	1,69 b	1,58 b	2,07 a	1,97 a	6,89
DMP, mm	2,51 b	2,45 b	2,79 a	2,75 a	5,52
IF, %	79,13 a	76,03 a	66,98 b	60,53 b	10,05

Medias seguida de letras iguais na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Obs: M= Murundu, Entre murundu (EM), Sistema de Plantio direto implantado a 10 anos (PD10) e Sistema de plantio direto implantado a 15 anos (PD15).

O DMP é tanto maior quanto maior for a porcentagem de agregados grandes, e demonstra a estabilidade da estrutura frente à ação de desagregação da água, podendo indicar o grau de susceptibilidade do solo à erosão hídrica. O DMG representa uma estimativa do tamanho dos agregados de maior ocorrência. O IEA denota uma medida de agregação total do solo e não considera a distribuição por classe de agregados. Quanto menor for a quantidade de agregados de menor diâmetro maior será o IEA.

De forma geral as áreas sob sistema de plantio direto apresentaram maior valor de DMG provavelmente pela manutenção dos restos vegetais e pelo aporte de matéria orgânica o que mantém sua agregação além da rotação de culturas entre uma leguminosa e uma gramínea, já que a vegetação é um fator importante de formação de agregados, mediante a ação mecânica das raízes ou pela excreção de substâncias com ação cimentante, e isto, indiretamente, fornece nutrientes à fauna do solo (KIEHL, 1979). O plantio de uma gramínea na entressafra contribui bastante para a manutenção dos agregados por apresentarem sistema radicular extenso e constantemente renovado.

Os menores índices de estabilidade de agregados foram obtidos nos topos de murundus e entre murundus devido a rala vegetação rasteira com sistema radicular pouco desenvolvido e a atividade de cupins que provoca a quebra de agregados, podendo reduzir drasticamente à sua estabilidade.

Na área entre murundus o aumento da matéria orgânica resultou em aumento da estabilidade dos agregados. Os maiores valores de matéria orgânica foram obtidos entre murundus, isso proporcionou uma maior retenção de água pelo solo, porém grande parte dela

não se encontra disponível para as plantas originando assim boa quantidade de água retida e grandes tensões.

Na figura 2 observa-se a relação entre os teores de matéria orgânica do solo (g kg^{-1}) e os índices de qualidade estrutural do solo. Na área de murundus encontram-se as maiores tensões e conseqüentemente os menores valores de retenção de água pelo solo ocorrendo provavelmente maior escoamento superficial devido a pouca vegetação.

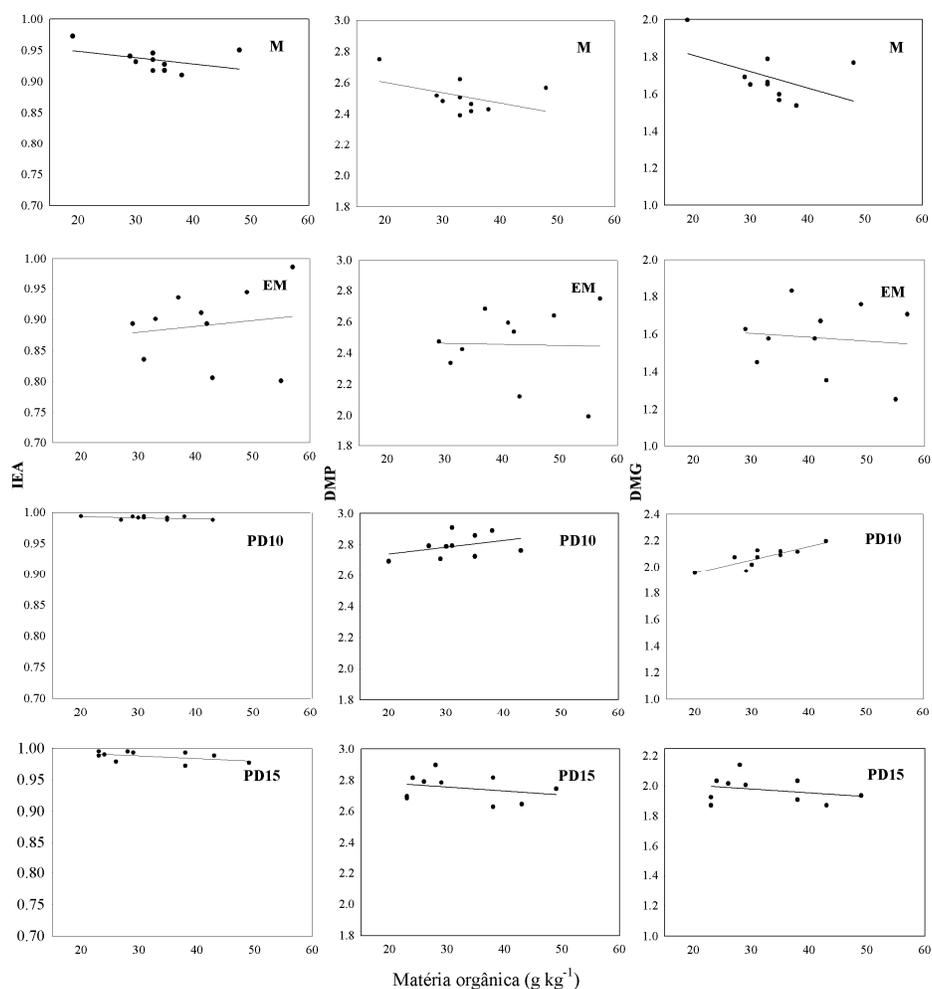


Figura 2. Indicadores de agregação do solo em função do teor de matéria orgânica.

Observando a figura 3, nota-se que nas áreas sob vegetação nativa (M, EM), foram encontrados os maiores valores de porosidade do solo, em especial de macroporos, enquanto que a área cultivada em PD15 apresentou maior volume de microporos na camada de solo avaliada, o que pode estar relacionado à contínua deposição de materiais orgânicos sobre a superfície do solo, que condiciona melhor retenção de água e nutrientes no solo.

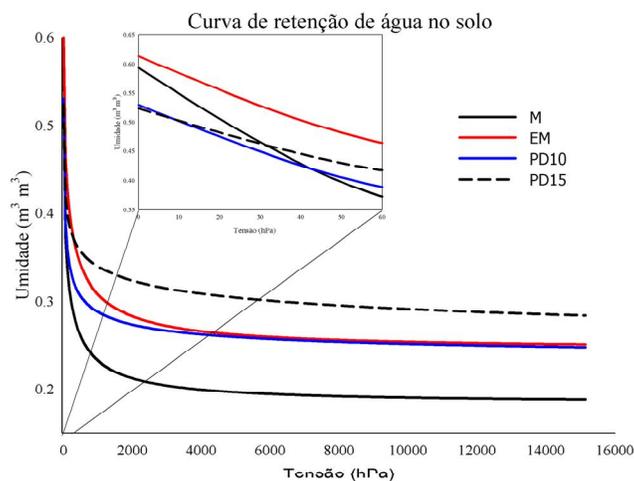


Figura 3. Curvas de retenção de água no solo em Plintossolo Argilúvico sob diferentes usos.

Os resultados mostram que o uso e o manejo alteram as condições físico-químicas do Plintossolo Argilúvico estudado na região de Jataí.

CONCLUSÃO

A adoção do sistema de plantio direto por 15 anos melhorou as condições físico-hídricas do Plintossolo Argilúvico órtico estudado.

BIBLIOGRAFIA

- BRADY, N. C. Natureza e propriedades dos solos. Rio de Janeiro. RJ. Ed. Freitas Bastos, 1989. 878p.
- CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 33. p. 147-157, 2009.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade de agregados e a sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 22, p. 527-538. 1998.
- 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, 2004a.
- DEXTER, A. R. Soil physical quality Part III: Unsaturated hydraulic conductivity and general conclusions about S-theory. **Geoderma**, v. 120. p.227-239, 2004c.

- DEXTER, A. R. Soil physical quality: Part II. Friability, tillage, tilth and hard-setting. **Geoderma**, v. 120. p. 215-225, 2004b.
- DIAS JUNIOR, M. S.; ESTANISLAU, W. T. Grau de compactação e retenção de água de Latossolos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 23. p. 45-51, 1999.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: **Soil Sci. Soc. Am.**, (SSSA Special publication, 35) 3-21p. 1994.
- EDWARDS, A.P. & BREMNER, J.M. Dispersion of soil particles by sonic vibration. **Eur. J. Soil Sci.**, 18:47-63, 1967.
- EMBRAPA, Clima temperado. Qualidade física do solo: Indicadores quantitativos (Documentos 196). Pelotas, RS. Ed. Embrapa Clima Temperado, 2007. 27p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2a ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- GOVAERTS, B.; SAYRE, K.D.; DECKERS, J. A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. **Soil Till. Res.**, Amsterdam, v. 87, p. 163-174. 2006.
- JORGE, J. A. **Física e Manejo dos Solos Tropicais**. Campinas, SP. Ed. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986.328p.
- KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F. & SCHUMAN, G.E. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation (A guest editorial). **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 61:4-10, 1997.
- KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.). Methods of soil analysis. Part I. Physical and mineralogical methods. Madison, Soil Science Society of America, 1986, p. 425-442.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979.262p.
- LIMA, H. V.; OLIVEIRA, T. S.; OLIVEIRA, M. M.; MENDONÇA, E. S.; LIMA, P. J. B. F. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 31. p. 1085-1098, 2007.
- MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob

- sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesq. Agrop. bras.**, v. 42. p. 873-882, 2007.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Solo, planta e atmosfera: Conceitos, Processos e Aplicações. Barueri. SP. Ed. Manole, 2004. 478p.
- REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; SUZUKI, L.E.A.S. Qualidade física dos solos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16., 2006. **Anais.** Aracaju, SBCS, 2006. CD-ROM.
- SILVA, E. M. d a; LIMA, J. E. F. W. ; AZEVEDO, J. A. d e; RODRIGUES, L. N. Valores de tensão na determinação da curva de retenção de água de solos do Cerrado. **Pesq. Agrop. Bras.**, v.41, p.323-330, 2006.
- SALTON, J; MIELNICZUK, J; BAYER, C; et al.. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, n. 32, p. 11-21, 2008.
- SECCO, D.; DA ROS, C. O.; SECCO, J. K.; FIORIN, J. E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 29. p. 407-414, 2005.
- SHUKLA, M.K.; LAL, R. & EBINGER, M. Determining soil quality indicators by factor analysis. **Soil Till. Res.**,87:194-204, 2006.
- SILVA, Á. P.; TORMENA, C. A.; FILDALSKI, J.; IMHOFF, S. Funções de pedotransferência para as curvas de retenção de água e de resistência do solo à penetração. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32. p. 1-10, 2008.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assisat para o sistema operacional Windows. **Rev. Bras. Prod. Agroind.**, v.4, n.1, p71-78, 2002.
- STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment.
- STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação de dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.15. p. 229-235, 1991.
- TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 20. p. 333-339,1996.
- VAN GENUCHTEN, M. T.. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 44, p. 892-898, 1980.
- YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature of erosion losses. **J. Am. Soc. Agron.**, v.28, p.337-51. 1936.